COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 JUILLET 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** rappelle que l'Université de Barcelone vient de faire hommage à M. *de Lacaze-Duthiers* de son buste en bronze, en témoignage des services rendus à la Science espagnole par le laboratoire de Banyuls. Malgré l'absence de M. de Lacaze-Duthiers, M. le Président désire associer l'Académie à cet hommage rendu à la Science française en sa personne.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Problème de l'échauffement permanent d'une sphère par rayonnement, ramené au problème plus simple de l'échauffement de la même sphère par contact.* Note de M. **J. Boussinesq.**

« I. Il s'agit des températures permanentes d'une sphère homogène, dont la surface rayonne vers des espaces ayant leur température inva-

riable u_e donnée pour chaque point (a, b, c) de cette surface et, par conséquent, fonction connue $u_e(a, b, c)$ des coordonnées a, b, c.

» Nous supposons traité le cas de l'échauffement par contact, où u_e se confond avec la température u de la sphère sous le même point (a, b, c) de sa couche superficielle : c'est donc le problème d'analyse consistant à former, pour tous les points (x, y, z) intérieurs à une sphère, d'un rayon donné R, décrite autour de l'origine comme centre, une fonction graduellement variable u dont le paramètre Δ_2 y soit nul et qui, à la surface, prenne les valeurs u_e. On peut voir sa solution (remontant à Poisson) démontrée de la manière la plus élégante dans le *Cours d'analyse* de M. Picard (t. I, p. 143 à 152); elle est

$$u = \frac{R^2 - x^2 - y^2 - z^2}{4\pi R} \int_\sigma \frac{u_e \, d\sigma}{r^3},$$

formule où l'intégrale $\int_\sigma$ s'étend à tous les éléments $d\sigma$ de la surface $4\pi R^2$ de la sphère et où r désigne leur distance au point intérieur considéré (x, y, z).

» II. Cela posé, les cosinus directeurs d'une normale dn à la sphère étant $\frac{(x, y, z)}{R}$, nous aurons ici ([1]) comme expression de φ ou de $u + \frac{1}{h}\frac{du}{dn}$, valant u_e à la surface, le quadrinome

$$(1) \qquad \varphi = u + \frac{1}{hR}\left(x\frac{du}{dx} + y\frac{du}{dy} + z\frac{du}{dz}\right),$$

qui, au centre $(0, 0, 0)$, devient simplement u. Il lui suffira évidemment, pour être identique à ce que serait la température dans le cas du contact, de vérifier l'équation indéfinie $\Delta_2\varphi = 0$. Or, des différentiations immédiates de (1) donnent

$$\Delta_2\varphi = \Delta_2 u + \frac{1}{hR}\left(x\frac{d\Delta_2 u}{dx} + y\frac{d\Delta_2 u}{dy} + z\frac{d\Delta_2 u}{dz} + 2\Delta_2 u\right),$$

expression s'annulant bien dans chacun de ses cinq termes. Ainsi l'on aura

$$(2) \qquad \left\{ \begin{aligned} \varphi(x, y, z) &= \frac{R^2 - x^2 - y^2 - z^2}{4\pi R} \int_\sigma \frac{u_e \, d\sigma}{r^3} \\ &= \frac{R^2 - x^2 - y^2 - z^2}{4\pi R} \int_\sigma \frac{u_e(a, b, c)\, d\sigma}{[(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2]^{\frac{3}{2}}}. \end{aligned} \right.$$

([1]) Voir le *Compte rendu* de la séance du 11 juin, p. 1579.

» Au centre, où $\varphi = u$, il vient, en y appelant u_c la température,

$$(3) \qquad \varphi(0, 0, 0) = u_c = \frac{1}{4\pi R^2} \int_\sigma u_e d\sigma = \int_\sigma u_e \frac{d\sigma}{\sigma},$$

c'est-à-dire $\varphi(0, 0, 0)$ ou u_c égal à la moyenne des températures extérieures u_e.

» III. Pour obtenir u, nous avons l'équation du premier ordre (1), qui relie cette fonction à φ, avec la condition (3) spéciale au centre pour déterminer (si d'autres circonstances n'y suppléaient pas) la fonction arbitraire qu'introduira l'intégration.

» Imaginons que l'on chemine, du point quelconque (x, y, z), dont nous appellerons $\imath$ le rayon vecteur $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$, au point voisin

$$\left(x + \frac{x}{\imath} d\imath, \ y + \frac{y}{\imath} d\imath, \ z + \frac{z}{\imath} d\imath\right)$$

ou

$$(x + \cos\alpha . d\imath, \ y + \cos\beta . d\imath, \ z + \cos\gamma . d\imath),$$

d'un même rayon R de la sphère, défini par ses cosinus directeurs $\cos(\alpha, \beta, \gamma)$. Nous aurons évidemment, le long de ce chemin $d\imath$,

$$du = \left(x \frac{du}{dx} + y \frac{du}{dy} + z \frac{du}{dz}\right) \frac{d\imath}{\imath},$$

et l'équation (1) à intégrer deviendra

$$\varphi = u + \frac{\imath}{hR} \frac{du}{d\imath},$$

ou, plus explicitement,

$$(4) \qquad \imath \frac{du}{d\imath} + hRu = hR\,\varphi(x, y, z) = hR\,\varphi(\imath\cos\alpha, \imath\cos\beta, \imath\cos\gamma).$$

» Multipliée par $\imath^{hR-1} d\imath$, et intégrée le long du rayon R, à partir du centre où $\imath^{hR} u$ s'annule, elle donne, même sans avoir eu besoin de faire appel à la condition (3),

$$(5) \qquad u = hR\imath^{-hR} \int_0^\imath \rho^{hR-1} \varphi(\rho\cos\alpha, \rho\cos\beta, \rho\cos\gamma)\, d\rho.$$

» Rendons constantes les limites d'intégration en posant, par exemple, $\rho = \imath\mu$ (d'où $d\rho = \imath\, d\mu$); et il viendra

$$(6) \qquad u = hR \int_0^1 \mu^{hR-1} \varphi(\imath\mu\cos\alpha, \imath\mu\cos\beta, \imath\mu\cos\gamma)\, d\mu.$$

On remarquera que, pour r infiniment petit, cette expression de u est bien finie et se réduit à $\varphi(0, 0, 0)$, c'est-à-dire, d'après (2), à la moyenne des valeurs de u_e, comme il le fallait.

» Portons enfin, dans (6), l'expression (2) de φ devenue, avant le remplacement de r par $\text{r}\mu$, $\frac{R^2-\text{r}^2}{4\pi R}\int_\sigma \frac{u_e\,d\sigma}{r^3}$, et où r, troisième côté d'un triangle dont les deux autres côtés sont r et R, aura pour carré $R^2+\text{r}^2-2R\text{r}\cos\theta$, θ désignant ainsi les angles que fait le rayon vecteur, r, du point (x, y, z) considéré, avec les divers rayons R de la sphère, qui aboutissent aux éléments respectifs $d\sigma$ de la surface. On aura donc, comme formule définitive,

$$(7)\qquad u = \frac{h}{4\pi}\int_0^1 (R^2-\text{r}^2\mu^2)\mu^{hR-1}\,d\mu \int_\sigma \frac{u_e\,d\sigma}{[R^2-2R\text{r}\mu\cos\theta+\text{r}^2\mu^2]^{\frac{3}{2}}}.$$

Elle est due à Poisson, qui l'a obtenue sous une forme et surtout d'une manière très différentes ([1]).

» IV. Examinons le cas extrême d'une conductibilité superficielle insensible, ou de h infiniment petit, mais dans l'hypothèse de températures extérieures u_e très grandes; de manière que le produit hu_e soit une fonction arbitraire finie, que nous appellerons U, ou, plus explicitement, $U(a, b, c)$. Toutefois, pour que la température interne u puisse être finie, il faudra que sa valeur au centre, moyenne des valeurs de u_e, le soit, et que, par suite, $\int_\sigma U\frac{d\sigma}{\sigma}$ s'annule à la limite $h=0$. Nous admettrons donc que la fonction donnée U ait (une fois la limite atteinte) sa valeur moyenne nulle, condition permettant, comme on voit, d'attribuer une valeur finie quelconque à la température u_c du centre.

» Alors les valeurs $h(u_e-u)$ de la dérivée $\frac{du}{dn}$ à la surface deviendront évidemment limite (hu_e), c'est-à-dire la fonction $U(a, b, c)$ considérée dans ses valeurs limites; et le problème reviendra à se donner, sur toute la surface σ de la sphère, cette dérivée $\frac{du}{dn}$, ou le flux corrélatif entrant de chaleur, dont les valeurs ou moyenne, ou totale, sont bien nulles à l'état permanent.

» La formule (7), où il faudra poser $u_e = \frac{U}{h}$, pourra s'écrire identique-

---

([1]) *Théorie mathématique de la chaleur*, p. 388.

ment, en ajoutant à l'intégrale en $\int_\sigma$ l'expression $\int_\sigma \frac{u_e\, d\sigma}{R^3}$ et retranchant l'expression équivalente $\int_\sigma \frac{U\, d\sigma}{hR^3}$, valeur de cette intégrale $\int_\sigma$ pour $\mu = 0$,

$$\left\{ \begin{aligned} u = {} & \frac{h}{4\pi}\int_0^1 (R^2 - \tau^2\mu^2)\mu^{hR-1}\, d\mu \int_\sigma \frac{u_e\, d\sigma}{R^3} \\ & + \frac{1}{4\pi}\int_0^1 (R^2 - \tau^2\mu^2)\mu^{hR}\frac{d\mu}{\mu}\left[\int_\sigma \frac{U\, d\sigma}{(R^2 - 2R\tau\mu\cos\theta + \tau^2\mu^2)^{\frac{3}{2}}} - \int_\sigma \frac{U\, d\sigma}{R^3}\right]. \end{aligned} \right.$$

» Actuellement, faisons tendre h vers zéro et U vers son expression finale. Le premier terme du second membre se dédouble, par la décomposition de la parenthèse en R^2 et en $-\tau^2\mu^2$. Or la seconde partie ne donne évidemment plus rien quand h est nul, tandis que la première donne, quel que soit h, $\int_\sigma u_e \frac{d\sigma}{\sigma}$, ou u_e. Quant au dernier terme du second membre, la quantité entre crochets y devenant, en général, de l'ordre de petitesse de μ pour $\mu = 0$, l'annulation de l'exposant hR du facteur μ^{hR} n'y introduit pas d'élément infini; et comme, d'ailleurs, $\int_\sigma U\, d\sigma = 0$ à la limite, la formule devient, en définitive,

$$(8) \qquad u = u_c + \frac{1}{4\pi}\int_0^1 (R^2 - \tau^2\mu^2)\frac{d\mu}{\mu}\int_\sigma \frac{U\, d\sigma}{(R^2 - 2R\tau\mu\cos\theta + \tau^2\mu^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

» V. On obtiendrait directement ce résultat en prenant, pour fonction auxiliaire, non plus φ, que définit la relation (1) devenue illusoire à cause de $h = 0$, mais la fonction plus simple, revenant à $h\varphi$, et dont les valeurs $U(a, b, c)$ à la surface sont maintenant données,

$$(9) \qquad \Phi = \frac{1}{R}\left(x\frac{du}{dx} + y\frac{du}{dy} + z\frac{du}{dz}\right) = \frac{\tau}{R}\frac{du}{d\tau}.$$

» La température u_c au centre reste disponible ou indéterminée, comme compensation de l'incomplète disponibilité ou indétermination de la fonction U, qu'on n'est libre de choisir qu'avec la restriction $\int_\sigma U\, d\sigma = 0$. Et, en effet, les deux équations du problème actuel, savoir $\Delta_2 u = 0$ dans la sphère et $\frac{du}{dn} = U$ à sa surface, ne cessent pas, quand on les donne *compa-*

tibles, d'être satisfaites malgré l'addition à u d'une constante arbitraire. Elles laissent donc complètement indéterminée la température en un point choisi à volonté, le centre par exemple. »

CHIMIE. — *Gaz combustibles de l'air : air de la mer. Existence de l'hydrogène libre dans l'atmosphère terrestre.* Note de M. Armand Gautier.

« J'ai montré ([1]) qu'à mesure qu'on s'éloigne des centres populeux et des lieux où croissent les végétaux, les hydrocarbures de l'air disparaissent et que sur les grandes montagnes, à une altitude où il n'y a plus que quelques plantes rabougries, et où le sol est entièrement rocheux, on ne trouve dans l'atmosphère que des traces d'hydrocarbures (un peu plus de 2 cent. cubes par 100 litres), tandis que l'hydrogène persiste à la dose d'environ 2 dix-millièmes (17,5 à 24 cent. cubes). Quoique presque dénué d'humus, le sol, sur les pics élevés, est encore le siège d'une lente fermentation due à la décomposition des maigres végétaux et des bactéries qu'il nourrit; l'air reçoit ces émanations et celles qui proviennent des vallées sous-jacentes. Il importait donc, pour établir l'origine locale (tellurique ou végétale), des hydrocarbures de l'air, de se placer dans des conditions où le sol et les plantes n'interviennent pour ainsi dire plus.

» J'ai pensé que l'air de la mer devait contenir le minimum de souillures d'origine terrestre. J'ai choisi, pour contrôler expérimentalement cette opinion, le moment de l'équinoxe d'automne, alors que les vents soufflant du N. et N.-O. balayent nos côtes de Bretagne. A cette époque de l'année, tout particulièrement, les courants issus des couches supérieures de l'atmosphère ont eu le temps, sur toute la largeur de l'Atlantique, de se brasser en un mélange où domine l'air des hautes régions.

» Grâce à l'extrême obligeance de M. le Directeur des Phares de France, que je remercie, j'ai pu installer mes appareils au phare des Roches-Douvres. Il s'élève, à 56^m de hauteur, sur un écueil de porphyre granitoïde, au nord de Lezardrieux et de Paimpol, à 40 kilomètres de la côte. J'y suis arrivé le 22 octobre 1898, par un fort vent de N.-O. qui avait soufflé de la mer presque en tempête les jours précédents et qui s'est maintenu assez violent, et venant du large, durant les quatre jours qu'ont duré mes expériences.

([1]) Voir *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1677; et t. CXXXI, p. 13.

» Un tube à laine de verre filtrait l'air marin aspiré par un gazomètre de 350 litres à écoulement d'eau. L'ouverture du tube filtrant était placée à 2 mètres de la paroi métallique du phare et à 13 mètres au-dessus du niveau de la pleine mer.

» Cet air arrivait à mes appareils, installés à l'intérieur du phare, par la canalisation d'étain déjà employée dans les bois de Lainville et au Canigou.

» Voici le détail des trois expériences que j'ai pu faire dans d'excellentes conditions :

» *Première expérience.* — Début à $12^h 30^m$, le 23 octobre; fin à $10^h 30^m$, le 24. Passé 110 litres d'air. Volume corrigé à 0° et 760 et calculé sec $= 103^{lit},48$. Beau temps; vent modéré N.-O.; $t = 15°,5$. Il avait plu un peu la nuit du 22 au 23. $H = 767^{mm},7$ au début. Dans la nuit, vent S.-O. avec retour rapide au N.-O. Beau temps. $t = 14°$ puis 15°, avec $H = 767^{mm},3$ à la fin. (Bonne expérience.)

H^2O obtenue (1)	$0^{gr},0110$
CO^2 —	$0^{gr},0001$

» *Deuxième expérience.* — Début à midi, le 24 octobre; fin le 25, à $9^h 20^m$ du matin. Passé $132^{lit},5$ d'air. Volume corrigé : $123^{lit},54$. Beau temps le 24; vent soufflant la nuit plus fortement et tout le temps du N.-O.; à 8^h, le 25, ciel un peu couvert. t au début 15°, avec $H = 767^{mm},5$; à 9^h soir, $t = 17°$ et $H = 768^{mm},4$; à 8^h, le 25 au matin, $t = 14°,5$ avec $H = 767^{mm},0$.

H^2O obtenue	$0^{gr},0086$
CO^2 —	$0^{gr},0000$

» *Troisième expérience.* — Commencée le 25 octobre à $10^h 35^m$ du matin; finie le lendemain à $9^h 30^m$. Passé $121^{lit},1$ d'air. Volume corrigé $113^{lit},9$. Ciel au début un peu nuageux; assez beau temps; légère brume de 10^h à minuit. Vers 6^h du matin, le 26, pluie fine. Au début, le 25, $t = 15°$ avec $H = 767^{mm}$. Vent N.-O. de force 4. Mer un peu houleuse. A 5^h du soir 14°,8. Beau temps, même vent. A minuit $t = 14°,8$ avec $H = 767^{mm}$. A la fin, à $9^h 30^m$, $t = 14°,8$ et $H = 767^{mm},2$. (Très bonne expérience.)

H^2O obtenue	$0^{gr},0131$
CO^2 —	$0^{gr},0001$

» Le calcul de ces données conduit aux résultats résumés dans le Tableau suivant :

---

(1) Obtenue pour le volume d'air de $103^{lit},48$ qui a circulé dans un tube à CuO porté au rouge de 30^{cm} de long. Même remarque pour les deux expériences suivantes.

Quantités d'hydrogène et de carbone combustibles contenues dans l'air de la mer.

Dates.	État du temps.	Volume de l'air ayant circulé calculé sec à 0° et 760^{mm}.	H^2O formée comptée en milligr.	CO^2 produit compté en milligr.	H (en mgr.) pour 100 litres d'air calculé sec à 0° et 760^{mm}.	C (en mgr.) pour 100 litres d'air sec à 0° et 760^{mm}.
23 et 24 octobre 1898.	Beau temps. Vent N.-O. $t = 15°,5$ et $15°$. $H = 767^{mm}$ à $767^{mm},5$.	lit 103,48	mgr 11,0	mgr 0,1	mgr 1,22	mgr 0,0
24 et 25 octobre 1898.	Beau temps. Vent N.-O. $t = 15°$ et $17°$. $H = 767^{mm},5$ à $768^{mm},4$.	123,54	8,6	0,0	0,96	0,0
25 et 26 octobre 1898.	Temps assez beau, très légère pluie durant 3^h. Vent S.-O. et N.-O. $t = 15°$. $H = 767^{mm}$ à $767^{mm},2$.	113,9	13,1	0,1	1,45	0,0

» Moyenne pour 100^{lit} d'air calculé sec à 0° et 760^{mm} :

$$H = 1^{mgr},21, \qquad C = 0^{mgr},0.$$

» Cette dernière série d'expériences confirme donc entièrement les prévisions résultant de mes observations antérieures sur l'air des bois et surtout des hautes montagnes : à mesure qu'on s'éloigne de toute émanation tellurique, végétale et urbaine, les hydrocarbures de l'air disparaissent, tandis que l'hydrogène libre persiste.

» Nous avons obtenu, en effet, dans nos dosages successifs de carbone des hydrocarbures de l'air :

	Carbone combustible de 100^{lit} d'air calculé sec à 0° et 760^{mm}.
	mg
Air des villes populeuses	6,80
» des bois	3,40
» des pics rocheux	0,66
» de la mer	trace inférieure à 0,03 [1]

(1) Cette absence presque absolue de carbone constatée dans nos expériences sur l'air de la mer suffirait à démontrer que les caoutchoucs ou autres pièces de nos appareils ne cédaient pas la moindre trace de gaz carbonés et ne donnaient pas d'acide

» Ainsi, dans l'air de la mer, l'hydrogène est libre et presque pur : c'est à peine si l'on parvient à y découvrir l'indice d'hydrocarbures qui peuvent provenir soit de la mer elle-même, soit du mélange très dilué de l'air des hautes régions de l'atmosphère avec celui qui a glissé à la surface des continents.

» Sans être égales, les trois quantités d'hydrogène trouvées ne sont pas fort différentes. Le nombre le plus petit, $0^{mg},96$, résulte d'une expérience un peu moins satisfaisante que les deux autres, l'appareil ayant été arrêté la nuit du 24 au 25, durant une heure et demie environ, à la suite d'un petit accident à l'aspirateur, et l'oxyde de cuivre s'étant refroidi. On pourrait donc, peut-être, pour calculer l'hydrogène normal de l'air, prendre les deux chiffres $1^{mg},22$ et $1^{mg},45$ (1re et 3e *expériences*); ils donneraient la moyenne de $1^{mg},33$ (au lieu de $1^{mg},21$ avec les trois expériences prises ensemble) pour l'hydrogène de 100 litres d'air sec à 0° et 760^{mm}.

» Sans faire cette légère correction, peut-être un peu arbitraire, le chiffre moyen de $1^{mg},21$ d'hydrogène trouvé répond à $13^{cc},6$ d'hydrogène en 100 litres d'air calculé sec, à 0° et 760^{mm}. Mais nous avons établi par la combustion directe de l'air décarburé mélangé de volumes connus d'hydrogène au même état de dilution que dans l'air ordinaire, qu'une colonne de $0^{m},30$ d'oxyde de cuivre au rouge n'oxyde, dans ces conditions, que les 70 centièmes de l'hydrogène réel ([1]), et que les 30 pour 100 restants sont, à leur tour, brûlés et recueillis à l'état d'eau, si, à l'issue du premier tube à CuO, les gaz passent dans un second de $0^{m},40$ de long. Le résultat brut ci-dessus étant obtenu avec un seul tube, doit donc être multiplié par $\frac{100}{70}$ pour répondre à la totalité de l'hydrogène combustible de l'air de la mer, ce qui nous conduit définitivement à $13^{cc},6 \times \frac{10}{7} = 19^{cc},45$.

» C'est presque le nombre moyen que nous avons trouvé, mais avec quelque incertitude en plus provenant du calcul des traces d'hydrocarbures qui accompagnent l'hydrogène libre, pour l'air des pics montagneux ([2]).

---

carbonique par oxydation (voir du reste à ce sujet : *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 1390, *Note*). Quant à l'humidité qu'ils auraient pu céder, on a vu qu'on ne commençait aucune série d'expériences sans avoir constaté que le tube à P^2O^5 placé à la suite de l'oxyde de cuivre au rouge ne gagnait pas un décimilligramme par le passage, à travers l'appareil d'oxygène pur et sec (2 à 3 litres à l'heure), durant vingt-quatre heures.

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1357.

([2]) *Ibid.*, t. CXXXI, p. 18. On rappelle qu'on a trouvé que dans l'air des hautes montagnes l'hydrogène libre était compris entre $17^{cc},5$ et 24^{cc} par 100 litres.

» L'air qui souffle depuis plusieurs jours du plein Océan, celui des hautes régions de l'atmosphère, *l'air pur, contient donc environ 2 dix-millièmes de son volume d'hydrogène libre*, soit à peu près les deux tiers du volume de l'acide carbonique aérien correspondant ([1]).

» Cette proportion que nous donnent nos expériences a pu être très légèrement relevée en raison des traces d'hydrocarbures entrevues dans l'air, même à la mer, hydrocarbures qui laissent toujours brûler leur hydrogène plus facilement que leur carbone; mais les poids d'acide carbonique recueilli sont si faibles (moins de $0^{mgr},1$ pour 100 litres d'air), que cette cause d'erreur est presque insignifiante.

» La proportion de 20 volumes d'hydrogène pour 100 000 volumes d'air est loin d'être négligeable. On remarquera combien elle dépasse la quantité moyenne de $7^{vol},6$ et même la quantité maximum de 13 volumes donnée par Boussingault pour l'*hydrogène total, y compris celui des hydrocarbures, contenu dans l'air de Paris*. C'est que Boussingault se bornait à faire passer l'air en expérience dans un tube rougi plein de copeaux de cuivre, et qu'il opérait avec un débit de 10 à 15 litres à l'heure, débit qui était loin, non seulement d'assurer la combustion de ces hydrocarbures, mais même l'absorption, par les tubes garnis d'asbeste sulfurique, de la totalité de l'eau formée.

» Nous concluons donc que l'air pur contient normalement environ 2 dix-millièmes de son volume d'hydrogène libre, auquel vient s'ajouter, grâce aux exhalaisons et fermentations du sol, des végétaux, des animaux, ou apportées par les industries humaines, une certaine proportion d'hydrocarbures dont la quantité, relativement grande dans les villes populeuses, plus petite à la campagne, très faible sur les plateaux rocheux et les pics des hautes montagnes, devient presque nulle dans l'air pur soufflant des régions élevées de l'atmosphère.

» Il nous reste à déterminer la nature des hydrocarbures de l'air des villes et des bois, et les origines de l'hydrogène atmosphérique. »

([1]) Dans ma Communication préliminaire à l'Académie du 7 novembre 1898 (*Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 693), j'ai donné, pour l'hydrogène de l'air, le nombre de 11^{cc} à $18^{cc},11$ pour 100 litres d'air, moyenne $14^{cc},5$; mais on remarquera que ce nombre est relatif à la combustion de l'air avec un seul tube à CuO et qu'il doit donc être multiplié par $\frac{10}{7}$ pour avoir l'hydrogène total, ce qui nous donnerait $20^{cc},7$, chiffre un peu trop élevé, vu les indices d'hydrocarbures qui augmentent sensiblement la quantité d'eau recueillie.

PHYSIQUE. — *Sur deux lieux relatifs aux densités de liquide et de vapeur de l'acide carbonique à saturation;* par M. **E.-H. Amagat.**

« Dans un Travail relatif à l'acide carbonique inséré aux *Comptes rendus*, séances du 16 mai et 18 juin 1892, je suis arrivé, entre autres, à ces deux résultats purement expérimentaux : que, le diamètre de la courbe des densités de liquide et de vapeur à saturation était une ligne droite, ainsi que l'avaient déjà trouvé MM. Cailletet et Mathias, et que, d'autre part, le lieu des points pour lesquels les volumes du liquide et de la vapeur sont égaux était aussi une ligne droite.

» D'après une Note récente de M. Mathias (25 juin 1900), ce dernier lieu ne serait pas une ligne droite, mais une courbe qui, dans les limites de mes expériences, est *extrêmement rapprochée de sa tangente* au point critique.

» Comme la différence entre une ligne droite et une ligne qui est extrêmement rapprochée de sa tangente correspond à des écarts expérimentaux vraisemblablement inférieurs à ceux dont il est possible de répondre dans de semblables recherches, il me paraît prudent de faire quelques réserves relativement à la portée du résultat énoncé par M. Mathias.

» Les deux lieux en question ont été construits avec les mêmes données expérimentales, je n'ai donc aucune raison *a priori* de supposer que l'un plutôt que l'autre soit l'expression de la réalité; or, le calcul de M. Mathias suppose que le lieu-diamètre est *mathématiquement* rectiligne; si, au contraire, on attribue cette propriété à l'autre lieu, c'est le diamètre qui devient une ligne approximativement droite, graphiquement, pratiquement droite si l'on veut.

» Rien n'indique *a priori* laquelle choisir de ces deux hypothèses, il peut même se faire que les deux lieux soient simplement l'un et l'autre pratiquement rectilignes; tout ce qu'on peut dire, c'est qu'ils ne peuvent être simultanément des lignes *mathématiquement* droites.

» La loi énoncée par MM. Cailletet et Mathias est fort intéressante et très utile dans la recherche des constantes critiques, j'ajouterai même que j'ai la satisfaction d'en avoir donné une vérification qui n'a peut-être pas été inutile à son moment, mais qui, de même que celles qui résultent des expériences plus récentes de M. S. Young, est purement expérimentale.

ces vérifications montrent que pour un certain nombre de substances et dans des limites assez étendues de température, le diamètre est pratiquement rectiligne, mais il serait d'autant plus imprudent pour le moment d'en tirer d'autre conclusion qu'on connaît des corps pour lesquels le diamètre est curviligne; les applications faites par M. Mathias dans le cas de corps ayant un diamètre rectiligne n'en sont pas moins parfaitement légitimes, à la condition de tenir compte, dans la discussion des résultats, du degré d'exactitude possible d'une loi uniquement basée sur les résultats d'expériences présentant d'assez grandes difficultés.

» Les remarques qui précèdent ne sont relatives, bien entendu, quant à mes résultats, qu'aux limites de température de mon Travail et ne préjugent rien au delà. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Constitution chimique des aciers; influence de la trempe sur l'état de combinaison des éléments autres que le carbone.* Note de MM. **Carnot** et **Goutal**.

« Comme suite à nos recherches sur la constitution chimique des aciers, il nous a paru intéressant de voir si la trempe est susceptible de modifier l'état de combinaison des divers éléments contenus dans les produits de la sidérurgie.

» Nos déterminations nouvelles ont porté sur le soufre, le phosphore, l'arsenic, le cuivre et le nickel.

» *Soufre*. — Les aciers sulfurés et manganésés, lentement refroidis, renferment la combinaison MnS de préférence au composé FeS. L'attaque par le chlorure double de cuivre et de potassium absolument neutre donne, en effet, un résidu de sulfure de cuivre correspondant au sulfure de manganèse décomposé par ce réactif, tandis que, dans les mêmes conditions, le sulfure de fer resterait inaltéré ([1]).

» En réalisant la même attaque sur un acide trempé contenant :

Carbone	0,17
Manganèse	0,65
Soufre	0,18

et lavant avec grand soin le résidu, on y retrouve la totalité du soufre

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXV, p. 148, 19 juillet 1897.

combiné au cuivre dans la proportion exacte des poids atomiques (pour 10^{gr} d'acier : soufre, $16^{mgr},8$; cuivre, $34^{mgr},1$).

» On peut donc admettre que la trempe ne modifie pas l'état de combinaison du soufre dans les aciers manganésés.

» *Phosphore.* — Nous avons vu que les aciers phosphorés, lentement refroidis, traités par le chlorure de cuivre et de potassium exactement neutralisé, abandonnent un phosphure de fer correspondant à la totalité du phosphore contenu dans l'échantillon d'acier essayé, et pour lequel un grand nombre d'analyses fournissent une composition moyenne correspondant à la formule Fe^3Ph (1).

» La présence de quelques centièmes de manganèse ne modifie pas ce groupement, le phosphore demeurant combiné entièrement au fer seul.

» Un échantillon d'acier trempé tenant

Carbone	0,35
Manganèse	1,48
Phosphore	0,37

nous a permis d'isoler par le réactif cuivrique le même phosphure de fer, exempt de manganèse, que celui trouvé antérieurement dans les aciers non trempés. 10^{gr} de cet acier ont fourni un résidu insoluble contenant $33^{mgr},2$ de phosphore et 165^{mgr} de fer, sans trace de manganèse.

» L'état de combinaison du phosphore n'est donc pas modifié par la trempe dans les aciers manganésés.

» *Arsenic.* — L'arsenic, dans les aciers non trempés, paraît ne pas former de combinaison avec le fer et s'y trouver simplement dissous.

» Nous avons vu précédemment (2) que ces aciers, traités par un acide faible à l'abri du contact de l'air, fournissent un résidu d'arsenic libre, sans perte sensible d'arsenic dans les produits gazeux ou la dissolution.

» Il en est autrement pour les aciers trempés.

» Un échantillon trempé contenant 1,12 pour 100 d'arsenic et 0,09 pour 100 de carbone, attaqué par l'acide sulfurique à 7 pour 100, à l'abri de l'air, a fourni sur 10^{gr} un résidu pesant, après dessiccation, $0^{gr},265$, et contenant la presque totalité de l'arsenic.

» Ce résidu, chauffé dans un courant d'azote pur et sec, sans atteindre le rouge, perd $0^{gr},126$ constitués par de l'arsenic libre et de l'eau. La par-

---

(1) *Comptes rendus*, 19 juillet 1898, p. 148.

(2) *Comptes rendus, loc. cit.*

tie fixe est attaquée par l'acide azotique et la solution évaporée en présence d'acide sulfurique jusqu'à apparition de fumées blanches abondantes. Un peu de silice est séparée par filtration. L'acide arsénique est réduit par l'acide sulfureux que l'on chasse à l'ébullition. L'hydrogène sulfuré précipite un mélange de sulfures d'arsenic et de cuivre, que l'on sépare à l'aide du carbonate d'ammoniaque; enfin le fer est précipité par l'ammoniaque après peroxydation. Les résultats trouvés sont :

Arsenic	45,2	pour 100
Fer	40,0	»
Cuivre	11,6	»
Silice	2,4	»

soit, comme rapports de poids atomiques : arsenic 0,7; fer 0,8; cuivre 0,2.

» En faisant abstraction de la silice, que nous pouvons considérer comme impureté, la formule de l'arséniure isolé correspondrait presque exactement à M^2As^2.

» Mais la présence accidentelle de cuivre dans l'échantillon essayé laisse malheureusement subsister un doute sur la composition de l'arséniure de fer. Aussi nous a-t-il paru nécessaire de chercher à la contrôler.

» A cet effet, nous avons trempé un échantillon d'acier à l'arsenic, ne contenant pas de cuivre, qui nous avait servi dans nos recherches antérieures. Cet acier, dont la teneur atteint 4,25 pour 100 d'arsenic, a donné, dans deux essais opérés par la méthode ci-dessus décrite, des résidus formés de

	I.	II.
Arsenic pour 100	40,2	40,3
Fer pour 100	59,0	59,5

» En ne tenant pas compte d'une petite quantité de carbure de fer difficile à séparer ici, le rapport des poids atomiques est très voisin de la formule Fe^2As, qui correspond à la composition suivante :

Arsenic	40,1
Fer	59,7

» Contrairement à ce que nous avons signalé pour l'acier au cuivre, une quantité sensible d'arsenic est entrée en solution pendant la désagrégation de l'échantillon par la liqueur faiblement acide.

» En résumé, il paraît hors de doute que les aciers à l'arsenic lentement refroidis ne contiennent que de l'arsenic non combiné, tandis que les aciers

trempés contiennent également un arséniure de fer. Nous adopterons pour ce dernier la formule Fe^2As, comme probable ou du moins très voisine de la véritable, tout en admettant qu'il puisse exister, dans les aciers au cuivre, un arséniure simple ou double, plus riche en arsenic.

» L'arsenic agit donc dans les produits sidérurgiques, à la façon du carbone : il donne par la trempe des composés définis, tandis que, sous l'influence d'un lent refroidissement, il s'isole de toute combinaison.

» Il est intéressant de remarquer combien est différent le rôle que jouent l'arsenic et le phosphore, puisque celui-ci se trouve toujours entièrement combiné, tandis que l'arsenic ne se trouve combiné, totalement ou partiellement, que dans les aciers trempés et qu'il est absolument libre dans les aciers refroidis lentement.

» *Cuivre.* — Nous avons dit que les aciers au cuivre non trempés, traités par un acide faible à l'abri de l'oxygène, laissent un résidu de cuivre pur [1]; il en est de même pour les échantillons trempés.

» Pour éviter une erreur d'interprétation due à la précipitation possible, par le fer non attaqué, du cuivre entrant en dissolution, nous avons modifié la méthode d'attaque en employant un nouveau réactif, nous nous sommes servis d'une solution de sel ammoniac additionnée d'eau oxygénée, soigneusement neutralisée.

» Le fer se transforme en peroxyde, que l'on sépare de la masse plus dense, non encore transformée, par simple agitation et décantation. Durant les premiers jours d'attaque, le cuivre n'est pas dissous. Lorsque des traces de ce métal commencent à apparaître dans les eaux de décantation, on lave soigneusement le résidu, on le sèche à l'alcool absolu, puis à l'éther, et on l'observe au microscope. Il est facile de distinguer alors des fils ténus et contournés de cuivre pur, engagés dans la masse non encore désagrégée et se prolongeant parfois assez loin au dehors de cette masse même. L'aspect est complètement différent de celui que pourrait offrir le cuivre précipité sur le fer dans les mêmes conditions. Il correspond bien à celui que présente un métal pur, disséminé par solidification postérieure dans la masse d'un autre métal moins fusible.

» En traitant cette masse par de l'ammoniaque additionnée d'une faible quantité d'eau oxygénée, on dissout le cuivre libre et l'on peut continuer l'attaque par le chlorhydrate d'ammoniaque, comme précédemment. Après avoir traité plusieurs fois, alternativement par le chlorhydrate et par l'am-

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXV, p. 213.

moniaque en présence d'eau oxygénée, on obtient un résidu excessivement faible, non magnétique, contenant encore du fer et du cuivre. Est-ce un alliage ou un carbure? la très faible quantité que nous avons isolée ne nous permet pas encore de répondre à cette question.

» On peut remarquer, d'autre part, qu'une solution ammoniacale étendue, additionnée d'une faible quantité d'eau oxygénée, lorsqu'elle agit directement sur un acier au cuivre finement pulvérisé, produit une dissolution partielle du cuivre, se traduisant par une faible coloration bleue.

» Ces diverses observations conduisent à admettre que la plus grande partie du cuivre ne contracte pas d'alliage défini avec le fer dans les produits sidérurgiques à faible teneur, trempés ou non.

» *Nickel.* — Les mêmes procédés d'attaque appliqués aux aciers trempés de faible teneur en nickel n'ont pas permis une séparation assez nette pour fournir des conclusions certaines.

» Les deux métaux entrent simultanément en solution, comme dans le cas des aciers refroidis lentement.

» Nous n'avons, d'ailleurs, pas trouvé de carbure de nickel dans les échantillons très peu carburés, trempés ou non trempés, que nous avons essayés, et nous pensons que le nickel s'y trouve libre, à l'état de mélange ou de dissolution, d'alliage défini. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, en vertu du Décret du 24 juin 1899.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 33,

M. Czerny obtient. . . . . 33 suffrages

M. **Czerny**, ayant obtenu l'unanimité des suffrages, est proclamé élu.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats pour la chaire de

Physique générale et mathématique au Collège de France, laissée vacante par le décès de M. *Joseph Bertrand*.

(Renvoi aux deux Sections de Géométrie et de Physique.)

MÉCANIQUE. — *Sur les équations du mouvement d'un fil en coordonnées quelconques*. Note de M. G. **Floquet**.

« Le fil étant supposé flexible et inextensible, les équations du mouvement en coordonnées rectangulaires sont

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} mx'' &= \frac{\partial}{\partial s}(\mathrm{T}\bar{x}') + m\mathrm{X},\\ my'' &= \frac{\partial}{\partial s}(\mathrm{T}\bar{y}') + m\mathrm{Y},\\ mz'' &= \frac{\partial}{\partial s}(\mathrm{T}\bar{z}') + m\mathrm{Z},\\ \bar{x}'^2 &+ \bar{y}'^2 + \bar{z}'^2 = 1, \end{aligned}\right.$$

où le produit m de l'épaisseur du fil par sa densité peut varier avec s.

» Dans cette Note, les lettres accentuées désignent comme d'habitude des dérivées : celles d'entre elles qui sont surmontées d'un trait sont des dérivées prises par rapport à s, les autres sont relatives à t.

» Le fil étant libre, soient

$$x = \varphi(q_1, q_2, q_3, t, s), \qquad y = \psi(q_1, q_2, q_3, t, s),$$
$$z = \varpi(q_1, q_2, q_3, t, s),$$

les formules de transformation qui expriment x, y, z en fonction de nouvelles variables q_1, q_2, q_3, ces formules pouvant renfermer t et même s.

» Effectuons sur les équations (1) le changement de variables de Lagrange. Si l'on pose

$$m(x'^2 + y'^2 + z'^2) = 2\mathrm{H}, \qquad \bar{x}'^2 + \bar{y}'^2 + \bar{z}'^2 = 2\mathrm{K},$$
$$m\left(\mathrm{X}\frac{\partial x}{\partial q_i} + \mathrm{Y}\frac{\partial y}{\partial q_i} + \mathrm{Z}\frac{\partial z}{\partial q_i}\right) = \mathrm{Q}_i,$$

on obtient sans peine les quatre équations

$$(2)\qquad \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial q'_i}\right) - \frac{\partial \mathrm{H}}{\partial q_i} = \frac{\partial}{\partial s}\left(\mathrm{T}\frac{\partial k}{\partial \bar{q}'_i}\right) - \mathrm{T}\frac{\partial k}{\partial q_i} + \mathrm{Q}_i,$$
$$2\mathrm{K}(q_1, q_2, q_3, \bar{q}'_1, \bar{q}'_2, \bar{q}'_3, t, s) = 1,$$

H étant maintenant le produit par m d'une fonction des q, des q', de t et de s.

» Au lieu d'employer la fonction $2\mathrm{H}$, qui exprime $m\mathrm{V}^2$, on peut utiliser la fonction $2\mathrm{S}$, récemment introduite par M. Appell, et qui n'est autre que $m\mathrm{J}^2$, J désignant l'accélération : les équations (2) sont alors remplacées par les suivantes :

$$\frac{\partial \mathrm{S}}{\partial q''_i} = \frac{\partial}{\partial s}\left(\mathrm{T}\frac{\partial k}{\partial \overline{q}'_i}\right) - \mathrm{T}\frac{\partial k}{\partial q_i} + \mathrm{Q}_i.$$

On peut aussi considérer une fonction analogue dans les seconds membres, en posant

$$\overline{x''}^2 + \overline{y''}^2 + \overline{z''}^2 = 2\mathrm{R},$$

auquel cas $2\mathrm{R}$ représentera $\frac{1}{\rho^2}$, ρ étant le rayon de courbure de la courbe formée par le fil, et l'on obtient

$$\frac{\partial \mathrm{S}}{\partial q''_i} = \mathrm{T}\frac{\partial \mathrm{R}}{\partial q''_i} + \frac{\partial \mathrm{T}}{\partial s}\frac{\partial k}{\partial q'_i} + \mathrm{Q}_i.$$

» On a ainsi différentes formes des équations du mouvement du fil avec des variables quelconques.

» Je vais les ramener au premier ordre, sous une forme analogue à la forme canonique, mais dépendant des deux fonctions Φ et H des paramètres variables, en supposant : 1° que les formules de transformation ne renferment pas s ; 2° qu'il existe une fonction des forces $\mathrm{U}(q_1, q_2, q_3, t, s)$, telle que l'on ait par conséquent

$$\mathrm{Q}_i = \frac{\partial \mathrm{U}}{\partial q_i}.$$

» La fonction $2k$, qui est désormais indépendante de s, étant homogène du second degré par rapport aux $\overline{q}'$, si nous posons

$$(3) \qquad \mathrm{T}\overline{q}'_1 = u_1, \qquad \mathrm{T}\overline{q}'_2 = u_2, \qquad \mathrm{T}\overline{q}'_3 = u_3,$$

et si nous appelons $2\mathrm{F}(q_1, q_2, q_3, u_1, u_2, u_3, t)$ ce qu'elle devient quand on y remplace les $\overline{q}'$ par les u, on aura $2\mathrm{F} = \mathrm{T}^2$, et en outre

$$\frac{\partial \mathrm{F}}{\partial q_i} = \frac{\partial k}{\partial q_i}\mathrm{T}^2, \qquad \frac{\partial \mathrm{F}}{\partial u_i} = \frac{\partial k}{\partial q'_i}\mathrm{T}.$$

On en conclut que les équations (2) s'écrivent

$$(4) \qquad \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial q'_i}\right) - \frac{\partial \mathrm{H}}{\partial q_i} = \frac{\partial}{\partial s}\left(\frac{\partial \mathrm{F}}{\partial u_i}\right) - \frac{\partial\sqrt{2\mathrm{F}}}{\partial q_i} + \frac{\partial \mathrm{U}}{\partial q_i}.$$

» Cela posé, écrivons les équations de Poisson

$$\frac{\partial H}{\partial q'_1} = p_1, \qquad \frac{\partial H}{\partial q'_2} = p_2, \qquad \frac{\partial H}{\partial q'_3} = p_3;$$

elles déterminent q'_1, q'_2, q'_3 comme fonctions de q_1, q_2, q_3, $\frac{p_1}{m}$, $\frac{p_2}{m}$, $\frac{p_3}{m}$, t, linéaires par rapport aux p. Dans la différence

$$p_1 q'_1 + p_2 q'_2 + p_3 q'_3 - H,$$

$$-\frac{\partial H}{\partial q_i} = \frac{\partial H_0}{\partial q_i},$$

(5) $$q'_i = \frac{\partial H_0}{\partial p_i}.$$

» Posons de même

$$\frac{\partial F}{\partial u_1} = r_1, \qquad \frac{\partial F}{\partial u_2} = r_2, \qquad \frac{\partial F}{\partial u_3} = r_3;$$

ces équations déterminent u_1, u_2, u_3 comme fonctions de q_1, q_2, q_3, r_1, r_2, r_3, t, linéaires et homogènes par rapport aux r, car F est homogène par rapport aux u. Dans F, remplaçons les u par ces valeurs, et soit Ω la fonction obtenue. On aura

$$-\frac{\partial F}{\partial q_i} = \frac{\partial \Omega}{\partial q_i},$$

(6) $$u_i = \frac{\partial \Omega}{\partial r_i}.$$

» En se reportant maintenant aux équations (4), on voit qu'elles s'écrivent

$$\frac{\partial p_i}{\partial t} + \frac{\partial H_0}{\partial q_i} = \frac{\partial r_i}{\partial s} + \frac{\partial \sqrt{2\Omega}}{\partial q_i} + \frac{\partial U}{\partial q_i},$$

ou encore

$$\frac{\partial p_i}{\partial t} + \frac{\partial \Phi}{\partial q_i} = \frac{\partial r_i}{\partial s} + \frac{\partial \sqrt{2\Omega}}{\partial r_i},$$

en désignant par $\Phi(q_1, q_2, q_3, p_1, p_2, p_3, t, s)$ la différence $H_0 - U$. Les équations (5) donnent d'ailleurs $\frac{\partial q_i}{\partial t} = \frac{\partial H_0}{\partial p_i} = \frac{\partial \Phi}{\partial p_i}$. On a enfin, par les équations (6) et (3)

$$T\bar{q}'_i = \frac{\partial \Omega}{\partial r_i}, \qquad \text{d'où} \qquad \bar{q}'_i = \frac{\partial \sqrt{2\Omega}}{\partial r_i}.$$

» Si, par conséquent, on pose $\sqrt{2\Omega} = \mathrm{II}$, les équations du mouvement

du fil se trouvent ramenées au système du premier ordre suivant

$$\frac{\partial p_i}{\partial t} + \frac{\partial \Phi}{\partial q_i} = \frac{\partial r_i}{\partial s} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i}, \qquad i = 1, 2, 3,$$
$$\frac{\partial q_i}{\partial t} = \frac{\partial \Phi}{\partial q_i}, \qquad \frac{\partial q_i}{\partial s} = \frac{\partial \Pi}{\partial r_i},$$

composé de neuf équations aux dérivées partielles, définissant les neuf paramètres p, q, r en fonction de s et de t. On doit leur adjoindre l'équation

$$T = \Pi(q_1, q_2, q_3, r_1, r_2, r_3, t),$$

qui définit la tension.

» Lorsque les formules de transformation ne renferment pas non plus le temps, H_0 et Ω sont des fonctions homogènes du second degré des p et des r qui se déduisent l'une de l'autre en changeant simplement r^2 en $\frac{p^2}{m}$. »

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur certaines équations linéaires aux dérivées partielles du second ordre.* Note de M. C. **Guichard.**

« J'ai appelé équation E_p une équation

(1) $$\frac{\partial^2 \theta}{\partial u \, \partial v} = M\theta$$

qui admet p solutions dont la somme des carrés est la somme d'une fonction de u et d'une fonction de v. Ces équations se rencontrent dans un très grand nombre de problèmes de Géométrie. Dans le cas de $p = 3$, elles permettent de trouver les réseaux ou les congruences plusieurs fois cycliques; si $p = 5$, on obtient les systèmes de sphères plusieurs fois cycliques. Il me paraît donc intéressant d'indiquer les principales propriétés de ces équations.

» *Si l'équation* (1) *est* E_p, *elle admet une infinité de groupes de* p *solutions,* $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_p$, *dépendant d'une constante arbitraire* h *et telles que*

(2) $$\theta_1^2 + \theta_2^2 + \ldots + \theta_p^2 = \frac{U}{1 + Uh} - \frac{V}{1 + Vh}.$$

» Soient $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_p$ les solutions de l'un quelconque de ces groupes; j'appelle *solution isotrope* de l'équation (1) une solution de la forme

(3) $$a_1\theta_1 + a_2\theta_2 + \ldots + a_p\theta_p,$$

où a_1, a_2, ..., a_p sont des constantes dont la somme des carrés est nulle.

» Si la somme des carrés des constantes a_1, a_2, ..., a_p est différente de zéro, la solution (3) sera dite *solution linéaire* de l'équation (1).

» Les autres solutions de l'équation (1) seront appelées *solutions générales*.

» Transformons l'équation (1) par la méthode de M. Moutard en nous servant d'une solution h de cette équation.

» Nous poserons alors

$$\frac{\partial x_k}{\partial u} = \lambda \frac{\partial \theta_k}{\partial u} - \theta_k \frac{\partial \lambda}{\partial u}, \qquad \frac{\partial x_k}{\partial v} = -\lambda \frac{\partial \theta_k}{\partial v} + \theta_k \frac{\partial \lambda}{\partial v}. \tag{4}$$

Les quantités x_k sont solutions de l'équation

$$\frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v} = \frac{1}{\lambda} \frac{\partial \lambda}{\partial v} \frac{\partial x}{\partial u} + \frac{1}{\lambda} \frac{\partial \lambda}{\partial u} \frac{\partial x}{\partial v}. \tag{5}$$

On vérifie facilement que l'équation (5) admet aussi la solution

$$X = \sum_1^p x_k^2 - \lambda^2 \sum_1^p \theta_k^2. \tag{6}$$

Il en résulte que la transformée de l'équation (1) admet les solutions

$$\omega_1 = \frac{x_1}{\lambda}, \qquad \ldots, \qquad \omega_p = \frac{x_p}{\lambda}, \qquad \omega_{p+1} = \frac{i}{2} \frac{X+1}{\lambda}, \qquad \omega_{p+2} = \frac{1}{2} \frac{X-1}{\lambda};$$

on aura alors

$$\sum_1^{p+2} \omega_k^2 = \sum_1^p \theta_k^2.$$

» Si λ est une *solution générale*, les solutions ω_1, ..., ω_{p+2} sont linéairement distinctes, l'équation transformée est une équation E_{p+2}. A chaque groupe de p solutions de l'équation primitive on fait correspondre un groupe de $p+2$ solutions de l'équation transformée. Il faut remarquer toutefois qu'on n'obtient pas ainsi les équations E_{p+2} les plus générales. Ces équations sont caractérisées par ce fait que tous les groupes de $p+2$ solutions ont une *solution isotrope* commune qui est

$$\omega_{p+1} - i\omega_{p+2} = \frac{i}{\lambda}.$$

» Si λ est une *solution linéaire*, il y a une relation linéaire entre les solutions ω_1, ω_2, ..., ω_{p+2}. L'équation transformée est E_{p+1}.

» Enfin, si λ est une *solution isotrope*, il y a une relation linéaire isotrope entre les solutions $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_{p+2}$. On peut réduire leur nombre de deux unités dans la somme des carrés. L'équation transformée est donc une équation E_p. Ce résultat contient comme cas particulier la transformation d'une équation harmonique en une équation harmonique (Darboux, *Leçons*, Liv. IV, Chap. IX).

» Les résultats qui précèdent s'appliquent aux cas où une ou deux des fonctions U et V se réduisent à des constantes. Supposons U constant et supposons

$$\sum_1^p \left(\frac{\partial\theta_k}{\partial u}\right)^2 = E.$$

» En tenant compte de l'équation (1) on trouve facilement

$$\frac{\partial E}{\partial v} = 0.$$

» Par un choix convenable de la variable u, on peut réduire E à une constante ou à zéro. Si E est nul pour un groupe de rotations, il est nul pour tous autres groupes; E est nul aussi pour les groupes correspondants de l'équation transformée. Dans le cas de $p = 5$ on a donc les cas suivants :

(I) $\quad \sum_1^p \theta_k^2 = U + V,$

(II) $\quad \sum_1^p \theta_k^2 = V, \qquad \sum_1^p \left(\frac{\partial\theta_k}{\partial u}\right)^2 \gtrless 0,$

(III) $\quad \sum_1^p \theta_k^2 = V, \qquad \sum_1^p \left(\frac{\partial\theta_k}{\partial v}\right)^2 = 0,$

(IV) $\quad \sum_1^p \theta_k^2 = 1, \qquad \sum_1^p \left(\frac{\partial\theta_k}{\partial u}\right)^2 \gtrless 0, \qquad \sum_1^p \left(\frac{\partial\theta_k}{\partial u}\right)^2 \gtrless 0,$

(V) $\quad \sum_1^p \theta_k^2 = 1, \qquad \sum_1^p \left(\frac{\partial\theta_k}{\partial v}\right)^2 = 0, \qquad \sum_1^p \left(\frac{\partial\theta_k}{\partial v}\right)^2 \gtrless 0,$

(VI) $\quad \sum_1^p \theta_k^2 = 1, \qquad \sum_1^p \left(\frac{\partial\theta_k}{\partial v}\right)^2 = 0, \qquad \sum_1^p \left(\frac{\partial\theta_k}{\partial v}\right)^2 = 0,$

(VII) $\quad \sum_1^p \theta_k^2 = 0.$

» Tous ces cas correspondent à des propriétés géométriques intéressantes. J'indiquerai seulement, dans les *Comptes rendus*, les propriétés qui correspondent aux quatrième et sixième cas. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'instabilité de certaines substitutions.* Note de M. **Levi-Civita**, présentée par M. Appell.

« J'envisage les transformations ponctuelles réelles à deux variables

$$(1)\quad \begin{cases} x_1 = x + \varphi(x, y) + \ldots, \qquad y_1 = y + \psi(x, y) + \ldots, \\ (\varphi = a_{11}x^2 + 2a_{12}xy + a_{22}y^2,\ \psi = b_{11}x^2 + 2b_{12}xy + b_{22}y^2) \end{cases}$$

dont la partie du premier ordre se réduit à l'identité, les termes non écrits étant d'ordre supérieur au second.

» Je me propose de démontrer que les substitutions telles que (1) sont en général *instables*, c'est-à-dire *qu'on peut, par des itérations*

$$(2)\quad \begin{cases} x_n = x_{n-1} + \varphi(x_{n-1}, y_{n-1}) + \ldots, \\ y_n = y_{n-1} + \psi(x_{n-1}, y_{n-1}) + \ldots, \end{cases} \qquad (n = 2, 3, \ldots),$$

de (1), *faire sortir le point représentatif* P_n (dont les coordonnées sont x_n, y_n) *d'un cercle fixe* C, *tracé autour de l'origine* O, *pourvu qu'on prenne la position initiale* P (de coordonnées x, y) *dans un secteur convenable, si près de* O *que l'on veut.*

» Plaçons-nous dans le cas général, où les deux formes φ et ψ n'ont pas de facteurs en commun.

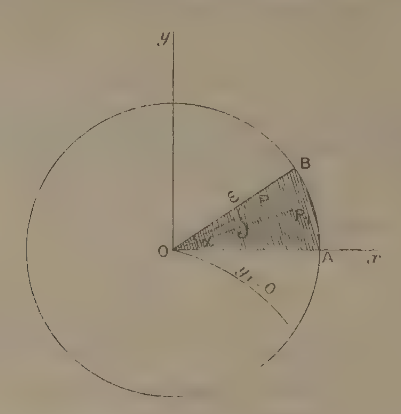
» On peut alors supposer que notre substitution (1) ait été préalablement réduite (par une transformation linéaire réelle) à la forme

$$(3)\quad \begin{cases} x_1 = x + x^2 + y(ax + by) + U(x, y), \\ y_1 = y(1 + cx + dy) + V(x, y), \end{cases}$$

U et V étant, bien entendu, du troisième ordre au moins par rapport à x, y.

» La courbe $y_1 = y(1 + cx + dy) + V = 0$ a pour tangente à l'origine la droite $y = 0$; ce sera en général une tangente d'inflexion. Quoi qu'il en soit, pour x assez petit et positif, la courbe $y_1 = 0$ est située tout entière

dans un même quadrant : soit le quatrième. (L'autre cas se réduit à celui-ci en changeant y_1, y en $-y_1$, $-y$, sans toucher à x.)



» Il convient de distinguer trois cas : $c < 1$, $c > 1$, $c = 1$.

1° $c < 1$. — Considérons un secteur $S = AOB$ du premier quadrant, limité inférieurement par l'axe des abscisses, ayant pour rayon ε et pour ouverture α. Si ε et α sont assez petits, on peut supposer pour tous les points $P(x, y)$ de S

(4) $$x_1 \geqq x + \tfrac{1}{2}x^2,$$

(5) $$y_1 \geqq 0.$$

» En posant $\frac{y}{x} = z$, on aura aussi,

(6) $$\left\{\begin{aligned} \frac{y_1}{x_1} &= \frac{y(1 + cx + dy) + V(x, y)}{x + x^2 + y(ax + by) + U(x, y)} \\ &= \frac{z(1 + cx + dxz) + \frac{1}{x}V(x, xz)}{1 + x + xz(a + bxz) + \frac{1}{x}U(x, xz)} \\ &= z + (c - 1)xz + xz[(d - a)z - bz^2] + x^2 W(x, z), \end{aligned}\right.$$

$W(x, z)$ restant finie.

» Profitons encore de la petitesse de ε et de α, en les fixant de façon que, pour $0 \leqq z \leqq \tang\alpha$, $0 \leqq x \leqq \varepsilon$, non seulement soient valables les inégalités (4), (5) et la formule (6), mais en outre

(7) $$(d - a)z - bz^2 < \frac{1 - c}{2},$$

(8) $$1 - \frac{1-c}{2}x > 0,$$

(9) $$xW < \frac{1-c}{2}\operatorname{tang}\alpha.$$

» On tire de (6), ayant égard à (7) et (9),

$$\frac{y_1}{x_1} \leqq z - \frac{1-c}{2}xz + \frac{1-c}{2}x\operatorname{tang}\alpha \leqq \operatorname{tang}\alpha - \left(1 - \frac{1-c}{2}x\right)(\operatorname{tang}\alpha - z),$$

et *a fortiori*, d'après (8),

(10) $$\frac{y_1}{x_1} \leqq \operatorname{tang}\alpha.$$

» Les inégalités (4), (5) et (10) montrent qu'à tout point P de S notre substitution (3) fait correspondre un point P_1 à la droite de la parallèle à l'axe Oy conduite par P, et non extérieur à l'angle AOB. Si P_1 appartient lui-même au secteur S, déterminons P_2 par (2) et ainsi de suite, en répétant cette opération tant que l'on reste dans S. D'après ce que l'on vient de dire, on ne peut pas sortir du secteur S, sans sortir en même temps du cercle C, auquel le secteur appartient. La proposition énoncée sera donc établie, si nous prouvons que les points de la succession $P, P_1, P_2, \ldots$ ne peuvent tomber indéfiniment à l'intérieur de S. A la vérité, s'il en était ainsi, les abscisses $x, x_1, x_2, \ldots$, qui forment une succession croissante, devraient tendre vers une limite l *finie et positive*. Mais on a $x_1 \geqq x + \frac{1}{2}x^2$; de même $x_n \geqq x_{n-1} + \frac{1}{2}x_{n-1}^2$, et par conséquent la limite l devrait remplir une inégalité de la forme $l \geqq l + \frac{1}{2}l^2$, ce qui est absurde.

» 2° $c > 1$. — On a recours à la substitution inverse de (3). On démontre par des considérations analogues qu'en partant des points P d'un secteur convenable les points $P_{-1}, P_{-2}, \ldots$ approchent indéfiniment de l'origine.

» Il est alors possible, avec des positions initiales, si près de l'origine que l'on veut (celles de ladite succession $P_{-1}, P_{-2}, \ldots$), de rejoindre, par l'itération de (3), un point P fixé à l'avance. Il y a bien instabilité.

» 3° $c = 1$. — Ce cas peut être reconduit à l'un ou à l'autre des deux précédents.

» Les substitutions $x_1 = x\cos\theta - y\sin\theta + \ldots$, $y_1 = x\sin\theta + y\cos\theta + \ldots$, où θ est commensurable avec 2π, se ramènent par itération à la forme (1). Elles aussi sont donc instables, du moins en général. Il est bien probable que cette conclusion subsiste pour toute valeur de θ, mais je ne puis encore le démontrer rigoureusement. En attendant je voudrais indiquer com-

ment ce qui précède se rattache à la question de la stabilité des solutions périodiques des équations de la Dynamique. Ce sera, si l'Académie le permet, l'objet d'une prochaine Communication. »

MÉCANIQUE. — *Démonstration de la rotation de la Terre, par l'expérience de Foucault réalisée avec un pendule de* 1^{m} ([1]). Note de M. **Alphonse Berget**, présentée par M. Lippmann.

« En se basant sur l'invariabilité du plan d'oscillation du pendule, Foucault a le premier donné une preuve expérimentale directe de la rotation de la Terre. La mémorable expérience qui porte son nom, faite en 1851, consiste à faire osciller un long pendule formé d'un fil métallique pincé à son point de suspension et portant à son extrémité inférieure une lourde masse sphérique. Un style fixé sous la sphère vient, à chaque oscillation, mordre deux petits tas de sable placés aux extrémités de sa course, et les progrès de la morsure montrent le sens et la grandeur du phénomène.

» J'ai pensé qu'il serait possible de réaliser cette expérience sans avoir besoin d'une grande hauteur de sable, tout en augmentant la sensibilité et la précision de la méthode.

» A cet effet, j'ai pris un pendule de 1^{m} de longueur formé d'une tige cylindrique de bronze, filetée à ses deux extrémités sur une certaine longueur, et portant à sa partie inférieure une masse cylindrique de cuivre pesant 2^{kg} : deux écrous permettent de fixer cette masse à une hauteur quelconque sur la partie filetée inférieure. A la partie supérieure est une suspension à la Cardan, formée de deux petits anneaux munis de couteaux d'acier perpendiculaires l'un à l'autre, et dont les prolongements se rencontreraient en un point situé sur l'axe même de la tige de bronze. Cette partie de l'instrument, la plus délicate de beaucoup, a été exécutée avec beaucoup d'habileté par MM. Château.

» Sous le pendule, et coaxialement avec sa position de repos, se trouve un cercle horizontal divisé. Une alidade, mobile sur ce cercle à l'aide d'une vis de rappel à pompe, porte un microscope horizontal pouvant viser au centre ou près du centre : c'est une disposition analogue à la lunette du goniomètre. Cette alidade est munie d'un vernier qui permet de lire trente

---

([1]) Ce travail a été fait au laboratoire des recherches physiques de la Sorbonne où l'appareil est installé.

secondes. Ce cercle a été construit avec beaucoup de soin par M. Pellin.

» Un solide support en bois, à trois forts pieds de chêne, supporte sur la tablette supérieure la suspension à la Cardan : la tige du pendule traverse la tablette, et la partie inférieure de cette tige, munie d'un style fin, vient au repos se trouver au-dessus de la partie centrale du cercle divisé, supporté par la tablette inférieure du trépied. Toutes les parties de l'appareil sont ainsi solidaires les unes des autres, et le tout est posé sur un pilier monolithe, isolé du sol de la salle d'expérience.

» Le limbe du cercle étant rendu horizontal et son centre étant amené sous le style qui termine le pendule, on écarte celui-ci de sa position d'équilibre d'un très petit angle, en le reliant par un bout de fil à une vis placée dans le plan de symétrie du microscope; on attend que toute oscillation ait cessé et l'on met au point le microscope sur le style ainsi écarté à son amplitude maxima : l'image du style se projette à la croisée des fils du réticule. On brûle alors le fil : le pendule se met à osciller et, *dès la seconde oscillation,* c'est-à-dire après quatre secondes d'expérience, on voit nettement le déplacement apparent de l'image vers la droite de l'observateur dans le champ de l'instrument. Le microscope renversant les objets, il en résulte un déplacement réel du style terminal de la droite vers la gauche, comme l'indique la théorie.

» Pour faire une mesure quantitative, on manœuvre la vis de rappel de l'alidade de façon à ramener, à chaque oscillation, l'image du style à la croisée des fils du réticule. J'ai fait ainsi une cinquantaine de déterminations qui donnent, comme durée nécessaire à une déviation angulaire de 1°, la valeur de six minutes et cinq secondes; ce qui fait, pour une circonférence entière, deux mille cent quatre-vingt-quatre minutes, soit trente-six heures et vingt-quatre minutes, nombre extrêmement voisin de celui qui donne la durée de rotation $\omega' = \omega \sin\lambda$, dans laquelle λ est la latitude de Paris. La précision de l'appareil est donc considérable, et l'on retrouve ce nombre, quel que soit l'azimut original dans lequel on promène la première oscillation, ce qui est un criterium de la perfection réalisée dans la suspension du pendule.

» En observant sur un miroir fixé à l'instrument au lieu d'observer directement, on double le déplacement apparent et, par conséquent, la sensibilité. »

PHYSIQUE. — *Sur la liquéfaction des mélanges gazeux. Chlorure de méthyle et anhydride sulfureux.* Note de **M. F. Caubet** (1).

« Dans les deux précédentes Notes que nous avons communiquées à l'Académie (2), les courbes de tensions de vapeur saturée des deux fluides constituant un même groupe étaient fort éloignées l'une de l'autre.

» Ces fluides étaient, pour le premier groupe, le gaz carbonique et le chlorure de méthyle; pour le second, le gaz carbonique et le gaz sulfureux. Le troisième groupe, dont l'étude fait l'objet de la présente Communication, est constitué par les deux gaz, chlorure de méthyle et gaz sulfureux, dont les courbes de tensions de vapeur saturée sont très voisines.

» Les lignes limites représentées sur la figure correspondent aux compositions suivantes en volumes :

	Chlorure de méthyle.	Gaz sulfureux.
1...........	0,7496	0,2504
2...........	0,6248	0,3752
3...........	0,4996	0,5004
4...........	0,3748	0,6252
5...........	0,2505	0,7495
6...........	0,1252	0,8748
7...........	0,0554	0,9446

» Les diverses lignes limites se placent toutes entre les deux lignes extrêmes de la figure. La confusion qui en résulte nous a interdit de présenter ces lignes en leur vraie place; elles sont transportées parallèlement à elles-mêmes, et dans leur ordre, à droite de la figure. Pour chacune d'elles, l'abscisse 120° est indiquée par le numéro qui lui correspond. Les petites divisions du quadrillé valent respectivement 5° et 5^{atm}.

» Les courbes représentées en traits interrompus sont les courbes de tensions de vapeur saturée du chlorure de méthyle et du gaz sulfureux. Cette dernière est en trait plein dans sa partie supérieure.

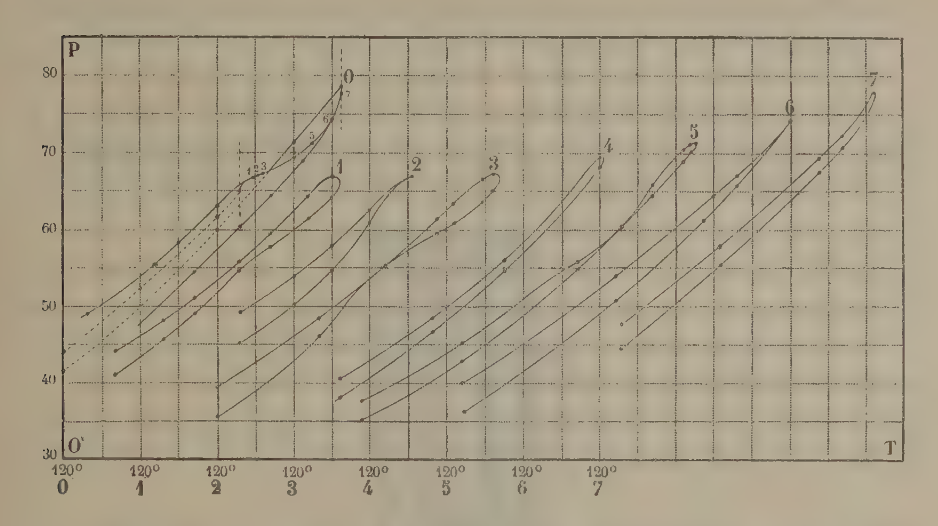
» La ligne comprise entre les lignes ponctuées parallèles à l'axe des pressions est la *ligne critique*.

---

(1) Travail fait au laboratoire de Physique théorique de la Faculté des Sciences de Bordeaux.

(2) *Comptes rendus*, séance du 22 janvier 1900, séance du 26 mars 1900.

» Les deux courbes extrêmes issues l'une du point 2 de la *ligne critique*, l'autre du point 6 de la même ligne sont des *lignes de Gibbs et Konovalow* [1].



» Les lignes 3 et 5 sont des lignes donnant des *points de Gibbs et Konovalow*.

» Les lignes 2 et 6 sont des *lignes de passage*. De pareilles lignes offrent un point de Gibbs situé sur la *ligne critique*, qui est point de rebroussement pour la ligne de passage correspondante.

» L'existence des points et des lignes de Gibbs et Konovalow est prévue, depuis longtemps, par des considérations théoriques; mais c'est, croyons-nous, la première fois que, dans ce genre de recherches, l'expérience les révèle et indique des formes réelles de lignes limites offrant des points de Gibbs et Konovalow.

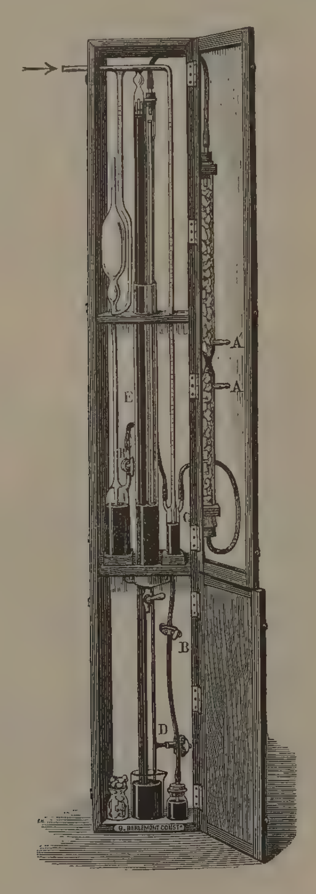
» La condensation rétrograde n'a pas été observée dans ce troisième groupe; la petitesse de l'aire dans laquelle ce phénomène se produit met, en effet, hors de doute l'impossibilité pratique de son observation. »

---

(1) Voir Duhem, *Traité élémentaire de Mécanique chimique fondée sur la Thermodynamique*, t. IV, Chap. I, p. 19 et suiv. et Chap. IV tout entier.

PHYSIQUE. — *Sur un nouveau type de trompe à mercure permettant d'obtenir rapidement le vide maximum.* Note de MM. **Berlemont** et **Jouard**, présentée par M. Arm. Gautier.

« La trompe à mercure que nous avons l'honneur de soumettre à l'Académie (*fig.*) a été conçue dans le but d'obtenir un appareil simple, automatique, d'un modèle réduit, très robuste et d'un nettoyage facile.



» Lorsqu'on veut faire le vide avec les appareils actuels, on se heurte à une grosse difficulté, les nombreux robinets dont ils sont généralement munis étant autant de causes de fuite. Quelque parfait que puisse être le

rodage d'un robinet en verre, il nécessite l'emploi de graisse : lorsque la raréfaction arrive à une certaine limite, cette graisse émet des vapeurs qui empêchent de pousser le vide plus loin.

» Grâce à divers artifices de construction, nous sommes parvenus à éviter complètement les robinets, à supprimer ainsi toute fuite et à travailler même avec des gaz chauds.

» Nous évitons aussi tout caoutchouc et, par suite, le soufre et l'hydrogène sulfuré. En outre, les tube courbés dans la concavité desquels se logent si facilement les bulles gazeuses que peut entraîner le mercure sont aussi supprimés.

» Les chutes qui, dans les modèles usuels, sont très fragiles, par suite de leur soudure avec le reste de l'appareil et qui ne se nettoient que fort difficilement, sont absolument indépendantes dans ce nouveau type de trompe ; elles peuvent être rapidement remplacées ou remises en état.

» Cette trompe peut marcher sans aucune surveillance à condition d'être accouplée à une trompe à eau qui actionne le remontage automatique du mercure. Elle n'utilise pour son fonctionnement que 5^{kg} à 6^{kg} de mercure, ce qui permet, étant donné son faible volume, de la disposer tout entière dans une cage vitrée peu encombrante, qui peut se suspendre contre un mur, ou se poser à terre, et où elle est parfaitement à l'abri des chocs, de la poussière et de l'humidité.

» En résumé, cette trompe ne comporte ni robinets, ni courbures, ni caoutchouc sur le parcours du mercure et du vide. Elle est rapidement démontable, d'un fonctionnement automatique, entièrement protégée et d'une simplicité qui permet une grande économie.

» Ces nombreux avantages nous ont paru intéressants à signaler à l'attention de l'Académie. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un sulfate chromeux ammoniacal* [1]. Note de M. **Ch. Laurent**, présentée par M. H. Moissan.

» Les sulfates de la série magnésienne donnent, avec les sulfates alcalins, des sels doubles dont le type est le sel de magnésium et de potassium

$$SO^4Mg + SO^4K^2 + 6H^2O.$$

» Le seul sel chromeux de formule analogue connu jusqu'ici est le sul-

[1] Travail fait au laboratoire de Chimie de la Faculté des Sciences de Rennes.

fate double de protoxyde de chrome et de potassium

$$SO^4Cr + SO^4K^2 + 6H^2O.$$

Il a été préparé par Péligot [1].

» J'ai pu préparer un sulfate double ammoniacal.

» On sait que tous les sels chromeux se transforment très facilement en sels chromiques au contact de l'air; on est alors obligé d'effectuer, en présence d'un gaz inerte, toutes les opérations qui permettent de les préparer; je me suis servi d'anhydride carbonique.

» Le point de départ de la préparation est le bichromate de potassium; je le transforme en chlorure chromeux [2], puis en acétate, peu soluble, par l'acétate de sodium en excès.

» Cet acétate chromeux, débarrassé par lavage des chlorures de zinc, potassium, sodium, est décomposé par une quantité convenable d'acide sulfurique pur étendu, ainsi que l'indique M. Moissan [3].

» Après avoir chassé l'acide acétique par ébullition, j'ajoute la quantité correspondante de sulfate d'ammonium; par concentration et refroidissement il se dépose des cristaux bleus.

» Ces cristaux, séparés de l'eau mère, toujours à l'abri de l'air, sont desséchés par le kaolin [4].

» L'analyse leur assigne la formule

$$SO^4Cr + SO^4(AzH^4)^2 + 6H^2O.$$

» L'eau mère, traitée par une quantité suffisante d'alcool fort, laisse déposer de petits cristaux de même composition que les précédents.

» Ce sel double ammoniacal se présente en beaux cristaux d'une couleur bleue semblable à celle du sulfate de cuivre. Sa solubilité est assez grande; à 20°, 100^{cc} d'une dissolution saturée contiennent 55^{gr} de sel. Il est insoluble dans l'alcool.

» Il possède les propriétés réductrices des sels chromeux simples. Exposé à l'air, il se transforme rapidement en sel chromique.

» La difficulté de le conserver au contact de l'air ne permet pas de déterminer exactement sa forme cristalline; mais, par sa formule et son aspect extérieur, il présente avec les sulfates doubles de la série magnésienne la plus grande analogie.

---

(1) Péligot, *Recherches sur le chrome* (*Comptes rendus*, t. XIX, p. 609; 1844).

(2) A. Recoura, *Recherches sur les chlorures de chrome* (*Thèse pour le doctorat ès sciences;* 1886).

(3) H. Moissan, *Sur la préparation et les propriétés du protochlorure de chrome et du sulfate de protoxyde* (*Comptes rendus*, t. XCII, p. 792).

(4) A. Recoura, *Loc. cit.*

» Ce composé, dans lequel intervient le protoxyde de chrome, établit un nouveau lien entre le chrome et le fer. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la préparation de la gentiopicrine, glucoside de la racine fraîche de gentiane.* Note de MM. **Em. Bourquelot** et **H. Hérissey**, présentée par M. Henri Moissan.

« Depuis la découverte de la gentiopicrine par Kromayer (1862) qui, en suivant un procédé très laborieux [1], en a retiré 4^{gr} de 3^{kg} de racine de gentiane, il ne paraît pas que ce glucoside ait été de nouveau isolé; en tout cas, à notre connaissance, il n'a été l'objet d'aucune étude ultérieure.

» La Note que nous présentons à l'Académie a pour but de faire connaître un procédé de préparation de ce corps, qui, bien que nécessitant des manipulations longues et délicates, conduit sûrement à un résultat.

» Ce procédé est basé sur une donnée physiologique qui, à plusieurs reprises, a déjà servi de guide à l'un de nous et lui a permis d'extraire des végétaux divers principes immédiats inconnus avant ses recherches, ou dont la présence dans ces végétaux n'avait pas été signalée [2].

» Cette donnée est la suivante : Nombre de principes immédiats, qui existent dans les êtres vivants, disparaissent après la mort, et cela souvent en peu de temps, sous l'influence des ferments solubles oxydants et hydratants qu'ils renferment, quels que soient les procédés de conservation employés.

» Si donc on veut isoler ces principes de végétaux vivants, par exemple, la première précaution à prendre doit consister à détruire le plus rapidement possible les ferments en question. On y arrivera en découpant ces végétaux vivants et en faisant tomber les morceaux au fur et à mesure dans de l'alcool porté et maintenu à l'ébullition.

» Voici comment nous avons appliqué cette donnée au traitement de 1^{kg} de racine fraîche de gentiane. En réalité, nous avons opéré sur 22^{kg} de

---

(1) A. Kromayer, *Ueber das Enzianbitter* (*Arch. der Pharm.*, 2e série, t. CX, p. 27; 1862).

(2) Em. Bourquelot, *Extraction du* tréhalose *d'un grand nombre de champignons et du* gentianose *de la racine de gentiane; découverte de la* volémite *dans un lactaire, de la* gaulthérine *dans le* Monotropa hypopithys, *de la* tyrosine *comme chromogène dans les gousses de grosse fève, etc.*

cette racine, qui nous ont donné 250gr environ de gentiopicrine cristallisée (1).

» Dans un ballon de 3lit de capacité, on introduit 2lit d'alcool à 95° et l'on chauffe au bain-marie jusqu'à l'ébullition. On découpe la racine en menus morceaux que l'on fait tomber dans l'alcool bouillant; on met le ballon en relation avec un réfrigérant à reflux, et l'on continue l'ébullition pendant une demi-heure. On laisse refroidir; on décante, on exprime la racine fortement à la presse; on réunit les solutions et l'on filtre. On obtient ainsi, sensiblement, 2350cc de liquide.

» On distille pour retirer l'alcool. Le résidu étant légèrement acide, on l'agite avec 10gr de carbonate de chaux précipité et on laisse reposer pendant douze à quinze heures. On filtre, on évapore à consistance sirupeuse (poids du sirop : 120gr environ) et l'on abandonne à la cristallisation. Celle-ci peut être forte longue; mais une fois qu'on possède quelques cristaux de gentiopicrine, il suffit d'amorcer pour la voir commencer rapidement et se terminer dans l'espace d'une quinzaine de jours. A ce moment, la masse est devenue presque solide et se compose d'aiguilles enchevêtrées et imprégnées d'une sorte de mélasse brune.

» On essore cette masse à la trompe et l'on fait sécher le résidu dans le vide sulfurique. On a ainsi un produit spongieux, jaune clair, pesant environ 50gr, qui est constitué par de la gentiopicrine impure.

» La purification s'effectue en dissolvant le produit dans un mélange à volumes égaux d'alcool à 95° et de chloroforme, et en provoquant la cristallisation par addition d'éther. Voici d'ailleurs les détails de l'opération :

» On fait bouillir pendant un quart d'heure à vingt minutes, dans un ballon placé sur un bain-marie et relié à un réfrigérant à reflux, le mélange suivant :

Gentiopicrine impure	50gr
Alcool à 95°	125cc

» On ajoute alors avec précaution :

Chloroforme	125cc

» On fait bouillir de nouveau cinq à dix minutes, on laisse refroidir, puis reposer pendant vingt-quatre heures et l'on filtre.

» On introduit le liquide filtré dans un ballon à double panse en quantité telle que sa surface soit de quelques millimètres au-dessus de la ligne de séparation des deux compartiments du ballon. On amorce sur les parois du second compartiment, un peu au-dessus de la surface du liquide et, à l'aide d'une pipette, on fait couler, en prenant soin de ne pas mélanger les liquides, un volume d'éther égal à celui de la solution introduite, soit pour les quantités ci-dessus indiquées : 250cc. On abandonne ensuite à la cristallisation.

» Il se produit une diffusion lente des liquides et les cristaux se forment précisé-

(1) Cette racine de gentiane, qui nous a été envoyée du Jura en octobre-novembre, a été traitée vingt-quatre à trente-six heures après la récolte.

ment à la limite primitive des deux couches, en partant des endroits amorcés, alors qu'une sorte d'extrait brun se dépose au fond du vase.

» La plupart des cristaux ainsi obtenus, à part quelques houppes supérieures qui sont presque incolores, sont encore jaune paille. On les purifie en les traitant une seconde fois de façon analogue, mais en s'aidant du noir animal.

» On obtient ainsi la majeure partie de la gentiopicrine contenue dans la racine fraîche de gentiane, mais on en peut retirer et, en réalité, nous en avons retiré davantage : d'abord, en soumettant à un deuxième traitement par l'alcool le marc de la racine, ensuite en reprenant par un mélange alcool-chloroforme les extraits précipités dans la première cristallisation, et, enfin, en ajoutant aux liqueurs mères des cristaux (alcool-chloroforme-éther) de l'éther de pétrole. Les produits ainsi obtenus peuvent être purifiés comme les premiers.

» Tous ces cristaux, ainsi que d'autres formés dans un mélange d'alcool méthylique, chloroforme et éther, ainsi que d'autres encore provenant de cristallisations répétées dans un mélange d'alcool et d'éther, donnaient avec l'eau une solution déviant à gauche le plan de la lumière polarisée et ne réduisant pas la liqueur cupropotassique.

» Une fois desséchés dans le vide sulfurique jusqu'à poids constant, ils possédaient, en solution aqueuse à 2 pour 100, à la température de 15° à 20°, un pouvoir rotatoire qu'on peut représenter par $\alpha_D = -196°$ (chiffres obtenus dans diverses opérations et avec ces divers produits : $-196°,6$, $-195°,2$, $-195°,86$, $-195°,17$, $-197°,4$.

» Dans une Communication ultérieure, nous reviendrons sur les autres propriétés de la gentiopicrine. »

ZOOLOGIE. — *La segmentation parthénogénétique expérimentale chez les Amphibiens et les Poissons.* Note de M. E. Bataillon, adressée par M. de Lacaze-Duthiers.

« La segmentation expérimentale des œufs non fécondés a été conduite à des stades plus ou moins avancés par Morgan, Locle, Giard, sur les œufs d'Échinodermes, par Tichomiroff chez les Lépidoptères, par Dewitz et Kulagin chez les Amphibiens et les Poissons.

» Sur les œufs d'Oursins, on a fait agir des chlorures; et Lœb (1) tend

---

(1) J. Lœb, *On the nature of the process of fertilization and the artificial*

à donner au métal une importance prépondérante. Delage [1] fait remarquer avec raison que la conclusion dépasse la portée de l'expérience. Il rappelle à ce sujet les résultats obtenus chez les Insectes et les Vertébrés, soit avec des agents d'une brutalité exceptionnelle comme $SO^4 H^2$, le sublimé, soit avec des milieux mal définis comme le sérum antidiphtéritique. Lui admettrait plutôt une excitation particulière, peut-être sans rapport avec celle que détermine l'acte de fécondation.

» Mes expériences ont porté sur les Amphibiens (*R. esculenta*) et divers Poissons d'eau douce. Les résultats les meilleurs ont été obtenus avec la Grenouille et le Gardon ; et *avec les concentrations employées*, le stade morulaire n'a pas été dépassé. Mais, le fait fondamental étant acquis, un point mérite de fixer l'attention, *c'est la nature des milieux utilisés*.

» Guidé par mes recherches antérieures sur la pression osmotique, j'ai employé des solutions isotomiques en prenant le sérum pour base.

» *Est-il nécessaire que le sérum de Mammifère soit antidiphtéritique pour provoquer la segmentation parthénogénétique? L'expérience répond négativement.*

» Étant donné l'abaissement du point de congélation qui est de 0°,55 pour le sérum de cheval, de bœuf, etc., il est facile de calculer la pression osmotique correspondante et d'établir des solutions parallèles de sucre, de NaCl, etc.

» *Or, les œufs de Grenouille placés dans ces solutions pendant un temps variant de une heure à deux heures et demie et remis à l'eau se divisent comme ils se divisent après avoir passé par le sérum normal.*

» Les deux premiers sillons sont *souvent d'une* régularité parfaite. Puis la segmentation progresse rapidement et irrégulièrement, l'un des quadrants étant souvent émietté en de nombreux éléments alors que les autres sont encore apparemment inertes.

» En tout cas, l'évolution s'arrête bientôt, et les sillons ne s'étendent pas à la totalité de l'hémisphère végétatif. Dewitz et Kulagin n'ont obtenu eux aussi qu'un résultat partiel et de leurs indications plus que succinctes on peut déduire qu'ils ont eu les mêmes faits sous les yeux.

» Chez le Gardon, la division s'est montrée très irrégulière, particulière-

---

production of normal larvæ (*Plutei*) *from the unfertilized eggs of the sea Urchin* (*Am. Journ. of. Phys.*, vol. III, 1899).

(1) Y. Delage, *Fécondation mérogonique et théorie nouvelle de la fécondation normale* (*Arch. Zool. expérimentale*, 1899, n° 4).

ment accusée à la périphérie et sur l'un des bords du blastodisque. On trouve ainsi, au bout de vingt-quatre heures, une plage de cellules polygonales à membranes très nettes dessinant une sorte de croissant au contact de la calotte germinative indivise. Ici, j'ai employé indifféremment le sel à 1 pour 100 ou le sucre à 10 pour 100.

» Dans tous les cas, le processus a été lent, et certains œufs de Grenouille n'entraient en segmentation *régulière* que vingt-quatre heures après l'immersion dans l'eau pure.

» Y a-t-il quelque chose de commun entre la modification physique introduite expérimentalement et celle que détermine la pénétration d'un spermatozoïde dans l'œuf mûr? Une concentration correspondant à la composition spéciale de tel œuf permettra-t-elle une évolution complète de l'ébauche? Autant de questions auxquelles l'avenir répondra.

» Les phénomènes intimes de cette curieuse segmentation artificielle sont loin d'être complètement élucidés, même après les belles recherches de Morgan. Quant au cas isolé des *Pluteus* bien conformés obtenus par Lœb, il demande à être confirmé et étendu.

» Il serait donc prématuré de faire intervenir de pareilles données dans une interprétation de la fécondation et de la parthénogenèse normale; mais il m'a paru intéressant, en vue des recherches à venir, de rapporter *à un principe physique défini* les données actuellement acquises.

» L'excitant mystérieux qui se dégage mal d'expériences isolées et disparates paraît être, dans la plupart des cas (SO^4H^2, brossage, sublimé, solutions salines ou sucrées, sérum), une *déshydratation relative*. Cette déshydratation favorise les divisions nucléaires et permet à l'œuf de préparer des centres aux premiers cloisonnements qui apparaîtront au contact du milieu ordinaire à pression osmotique plus faible.

» Un milieu physiologique comme le sérum, lorsqu'il répond à une pression suffisante, réalise à la perfection les conditions d'une segmentation parthénogénétique. Car les parois de l'œuf ne jouissent que partiellement des propriétés des membranes semi-perméables. Plus le milieu est inerte au point de vue chimique, mieux l'action physique est isolée.

» Il eût été curieux de voir si une solution de $CaCl^2$, malgré ses propriétés *inhibitrices* (Lœb), ne se comporterait pas comme les autres. Le matériel m'a manqué. En tout cas, l'action de tel métal, difficile à admettre avec le sérum, devient inacceptable avec l'emploi du sucre.

» On peut penser avec Delage que tous les cas observés « sont absolu-
» ment comparables à celui de J. Lœb » et qu' « il n'est pas logique d'at-

» tribuer aux uns une explication fondamentalement différente de celle » qui est valable pour les autres ».

» A défaut d'explication, une donnée générale se dégage des expériences incomplètes qui précèdent : *La composition chimique du milieu ne saurait intervenir que comme facteur secondaire et surajouté. Le sérum de Mammifère, diphtéritique ou non, se comporte comme une solution isotomique saline ou sucrée; il agit par sa pression osmotique.* »

ZOOLOGIE. — *La théorie de la fertilisation chimique des œufs, de M.* Lœb. Note de M. **Viguier**, présentée par M. Edmond Perrier.

« D'après une Note récente de M. Lœb ([1]), tout œuf est susceptible de se développer parthénogénétiquement, mais il en est normalement empêché par la présence de substances inhibitrices, ou le manque de substances excitatrices dans le milieu où il se trouve. Au nombre des substances inhibitrices sont, pour les œufs d'oursins, le *calcium* ou le *sodium;* au nombre des substances excitatrices sont le magnésium, le potassium et l'hydroxyle. Lœb pense que le spermatozoïde apporte à l'œuf les *ions* qui lui manquent pour évoluer ou des ions capables de contrebalancer l'action des ions inhibitifs contenus dans l'eau de mer ou des ions de ces deux sortes, et, poursuivant ses idées jusqu'au bout, il ne croit pas impossible de déterminer la parthénogenèse, même des œufs de mammifères, par l'injection dans le sang de la mère de solutions appropriées.

» Frappé de retrouver ici les mêmes méthodes de travail employées par Groom et Lœb ([2]) sur l'héliotropisme des *Nauplius* et qu'une étude attentive a montrées complètement erronées ([3]), j'ai décidé de reprendre en détail toutes ces expériences. Mais je ne connaissais d'abord ces recherches que par la citation faite par M. Yves Delage ([4]). J'ignorais de quelle espèce d'oursins s'était servi Lœb, de même qu'il se garde bien de renseigner les profanes sur ses procédés de travail dans les fécondations mérogoniques, et le titre de la solution employée par Lœb était même indiqué d'une façon

---

([1]) *On the nature of the process of fertilization and the artificial production of normal larvæ (Plutei) from the unfertilized eggs of the sea Urchin,* by Jacques Lœb (*American Journal of Physiology,* vol. III, October 2; 1899, n° 3).

([2]) *Biologisches Centralblatt* du 1er mai 1890.

([3]) Voir ma Note *Héliotropisme des* Nauplius (*Comptes rendus,* 20 juin 1892).

([4]) *Archives de Zoologie expérimentale,* année 1899, p. 824.

erronée dans l'analyse de M. Delage. C'est sur ces données erronées que j'ai commencé mes expériences. Je dois toutefois rendre à M. Delage cette justice que son avis (p. 525) est que la conclusion de Lœb dépasse la portée de son expérience. Toutes les expériences faites et précédemment publiées, sous le titre de *hermaphroditisme et parthénogenèse chez les Oursins*, avaient pour but cette vérification ; je juge inutile d'en donner le détail et me référerai, au cours de cette Note, aux expériences citées alors. Comme je n'ai pu savoir si Lœb avait fait sa solution mère dans l'eau distillée ou dans l'eau de mer, j'ai, autant que la quantité des sujets me le permettait, travaillé avec deux solutions : l'une indiquée sommairement *Lœb eau distillée* et l'autre *Lœb eau de mer* et, bien entendu, étendues chacune d'un volume égal d'eau de mer filtrée. Je me suis d'abord adressé aux *Sphærechinus granularis* et aux *Toxopneustes,* dont les œufs, contrairement à ceux d'*Arbacia*, sont remarquablement clairs et je les ai traités par la solution de $MgCl^2$ au titre indiqué par M. Delage ; mais le titre indiqué pour la solution étant inexact, je n'ai rien obtenu. Ne connaissant que de seconde main le travail de Lœb, j'ai cessé les expériences au chlorure de magnésium jusqu'à ce que M. Maupas me l'eût obligeamment communiqué.

» J'opérai alors à la fois sur les *Arbacia Toxopneustes* et *Sphærechinus.*

» I. *Arbacia.* — Dans les cultures d'*Arbacia* A, B, C, D, du 16 mai, rien ne se développa dans la cuvette où avait lieu la fécondation. Les œufs restés sans développement pendant vingt-quatre heures ayant passé par les solutions Lœb ou étant seulement restés dans l'eau de mer ont été fécondés le 17 et ont tous donné des larves le 18. Les *Arbacia* E, F du 17 mai ayant passé par les solutions salines n'ont montré aucun développement, tandis que les œufs restés dans l'eau donnaient des larves parthénogénétiques très rares et les fécondés des larves nombreuses. La culture G du 21 mai n'a donné non plus aucune trace de développement pour les œufs ayant passé dans les solutions salines. Des œufs ayant séjourné dans les solutions salines, il n'a été conservé que ceux ayant passé par les solutions Lœb eau de mer, les autres étant pourris. Quant à ceux fécondés immédiatement après deux heures de séjour dans la solution saline, la plupart ne se sont pas développés, mais l'on observa cependant quelques larves, dont une seule vivante. Les fécondés après vingt-quatre heures, soit le 22, ont donné quelques larves, mais qui étaient toutes mortes le 23 au matin.

» Le 29, aucun des œufs ayant passé par les solutions Lœb ne se développa parthénogénétiquement le 30 mai au matin. Toutefois le soir on vit apparaître de rares larves parthénogénétiques dans les œufs ayant passé par la solution à l'eau distillée. Ceux ayant passé par la solution Lœb eau distillée et fécondés, au bout de deux heures, ont donné aussi de rares larves ; mais ici, outre le développement des fécondés, je découvris le développement des parthénogénétiques. Dans une culture du 30 mai, on ne voit apparaître que des larves extrêmement rares, chez les parthénogénétiques et chez les fécondés, ainsi que pour les œufs ayant passé dans la solution Lœb eau distillée.

» II. *Toxopneustes.* — Pour les *Toxopneustes,* j'ai déjà raconté l'histoire des cultures A, B et C qui m'ont servi pour les études sur la parthénogenèse.

» Dans la culture D, j'ai rencontré une larve le 17 dans les Lœb eau distillée et point dans les Lœb eau de mer. Les cultures E, H, I montrent le développement avec des larves parthénogénétiques aussi bien dans l'eau de mer que dans la solution Lœb. La culture FG du 17 mai est au contraire tout à fait probante, tandis que, dès le 18, les œufs restés dans l'eau de mer donnaient des larves parthénogénétiques très nombreuses. Les œufs ayant séjourné dans les solutions Lœb eau distillée et Lœb eau de mer montraient seulement la segmentation, avec une remarquable épaisseur de l'épithélium entodermique, qui est surtout remarquable chez les œufs ayant séjourné dans Lœb eau distillée. Le 19, tandis que les larves parthénogénétiques normales complètent leur tube digestif, il y a retard très évident chez celles ayant passé par les solutions Lœb, surtout eau distillée. L'invagination gastrulaire se fait mal ou est à peine indiquée, et, pour les Lœb eau distillée, les conservés jusqu'au 21 se ratatinent de plus en plus, sans montrer aucun progrès dans le développement.

» Pour les Lœb eau de mer, quoique un nombre immense soit attardé et qu'il y ait de toutes petites larves, les choses vont décidément mieux, et l'on voit même le 21 un petit *Pluteus* dont les bras ont $0^{mm},13$ de long. Mais tout développement s'arrête le 22. Cette culture (FG) mal réussie, et qui n'arrivera pas chez les fécondés à donner de *Plutei*, est intéressante : par ce fait qu'elle nous a donné des larves parthénogénétiques chez les œufs demeurés dans l'eau de mer, de même que dans ceux ayant passé dans les solutions salines. Il est à remarquer qu'il y eut un retard très net, pour les œufs ayant passé par les solutions salines, surtout Lœb eau distillée sur les larves parthénogénétiques ordinaires. Il est à remarquer aussi que les œufs ont résisté à ces solutions salines (au titre indiqué par Lœb) et même subirent un commencement de développement. Aucune de celles de la culture (A), qui donna de nombreuses larves parthénogénétiques, ne résista à la solution indiquée par Delage. La solution saline retarde donc, tout au moins, le développement et même elle l'arrête quand la concentration est trop forte.

» III. *Sphærechinus.* — La culture E du 25, qui avait donné quelques larves parthénogénétiques, a montré le 26 une seule larve à parois fort épaisses (parthénogénétique Lœb eau distillée). A la fin de la culture, on voit quelques blastulas irrégulières. Les œufs fécondés après deux heures de séjour dans ce liquide n'ont rien donné le premier jour; mais, le 27, on a observé trois larves encore plus en retard que celles provenant de Lœb eau de mer. Dans Lœb eau de mer, aucune larve parthénogénétique. Dans les fécondés après deux heures, quelques larves fort en retard sur la fécondation normale se voient le 26 et encore le 27. Il est à remarquer que les œufs témoins de cette culture, fécondés après deux heures, avaient donné des blastulas normales, de même que les œufs fécondés immédiatement. Les F n'ont donné aucun résultat favorable. Culture G du 26, où l'on avait essayé seulement le liquide Lœb eau de mer : Les œufs ayant passé par ce liquide commençaient déjà à pourrir le 27, tandis que les œufs témoins, s'ils n'avaient pas fourni de larves parthénogénétiques, semblaient du moins en parfait état, et que les fécondés avaient donné un nombre immense de larves.

» *Conclusion.* — De tout cela, il me semble logique de conclure que la

solution de chlorure de magnésium est incapable de produire la parthénogenèse là où elle ne se produirait pas sans elle. Dans ce dernier cas, elle l'arrête ou la retarde au lieu de la favoriser. Je n'ai vu aucune larve ayant passé par les solutions Lœb arriver à l'état de *Pluteus :* mais il y a lieu de rappeler ici les différences au point de vue génital entre les races géographiques signalées par Cuénot pour l'*Asterina gibbosa*. Je suppose donc que, dans ses expériences, M. Lœb a traité par son liquide des œufs susceptibles de développement parthénogénétique, tandis que ses œufs témoins ne l'étaient pas. Mais cela prouve une fois de plus combien il faut se garder d'édifier de vastes théories sur quelques faits sommairement observés. »

BOTANIQUE. — *Sur la cytologie des Hyménomycètes.* Note de M. **René Maire**, présentée par M. Guignard.

« Les discussions entre Dangeard ([1]) et Wager ([2]) à propos de la sexualité chez les Champignons ont ramené l'attention sur cette question, et il m'a semblé que le moment était tout indiqué pour publier les résultats ci-dessous :

» Espèces étudiées. — *Hypholoma appendiculatum, H. fasciculare, Psathyrella disseminata, Panaeolus papilionaceus, Lactarius piperatus, Pholiota lucifera, Coprinus radiatus, Polyporus versicolor, Trametes suaveolens, Cyphella ampla*. En voici sommairement les résultats.

» *Résultats.* — Les cellules du jeune carpophore sont normalement binucléées. Il y a plus tard fragmentation des noyaux par amitoses dans la plupart des cellules du pied et du chapeau. Dans le carpophore, les noyaux sont donc des synkaryons ([3]). La division de ces cellules binucléées comporte des mitoses conjuguées semblables à celles des Urédinées; *chacun des noyaux conjugués compte quatre chromosomes, le plus souvent soudés deux à deux* comme chez les Urédinées. Les cellules sous-hyméniales et les paraphyses sont toujours binucléées; il en est de même des cystides.

» Les jeunes basides se forment par mitose conjuguée, puis cloisonne-

([1]) Dangeard, *La reproduction sexuelle des Champignons, étude critique* (*Le Botaniste*, 7e série, 1900).

([2]) Wager, *The sexuality of the Fungi* (*Ann. fo Bot.*, 1899).

([3]) R. Maire, *L'évolution nucléaire chez les* Endophyllum (*J. de Bot.*, 1900).

ment de la cellule terminale d'une hyphe; celle-ci peut d'ailleurs produire ensuite une seconde baside à côté de la première par une nouvelle division. *La jeune baside renferme donc normalement deux noyaux.* Dans quelques cas très rares, j'ai constaté trois ou quatre noyaux dans de jeunes basides : ce sont évidemment des anomalies semblables à celles signalées dans les téleutospores d'Urédinées (1). *Le schéma de Wager est absolument inexact pour toutes les espèces étudiées par moi.*

» Les deux noyaux de la jeune baside grossissent assez rapidement et se montrent formés d'un nucléole très chromatique et d'une charpente peu colorable. Ces deux noyaux s'accolent; les deux cavités se fusionnent, puis très rapidement les nucléoles en font autant. Je n'ai pu voir en aucun cas, avant ou pendant la fusion, les sphères archoplasmiques décrites par Wager (2) chez *Mycena galericulata.*

» *Prophase de la première division.* — I. Le noyau résultant de la fusion différencie nettement à son intérieur des filaments chromatiques très fins, granuleux ou lisses, ou de petits karyosomes arrondis. On voit assez souvent apparaître à ce moment dans le protoplasma de la baside une ou plusieurs petites sphères dont la nature archoplasmique ne m'apparaît pas certaine.

» II. Les filaments chromatiques, dont le nombre est variable, se portent vers le sommet de la baside, se fragmentent, puis *se condensent en quatre chromosomes.* La membrane nucléaire disparaît, on voit apparaître de véritables centrosomes qui se placent aux deux extrémités d'un diamètre de la baside; ils se relient au nucléole par un filament très fin, ce qui semblerait indiquer pour eux une origine nucléolaire.

» *Métaphase.* — I. Apparition d'un fuseau achromatique paraissant homogène aux plus forts grossissements, et dont les centrosomes occupent les extrémités. Augmentation de la colorabilité des chromosomes, diminution de celle du nucléole. Ce dernier est quelquefois relié aux chromosomes, soit par une travée de substance achromatique, soit par un filament de substance chromatique.

» II. *Division des chromosomes transversalement et par étirement comme chez les Urédinées.* — Il peut arriver, comme chez ces dernières, que pendant la mitose les chromosomes restent soudés deux à deux, de sorte que la figure mitotique, qui normalement est à 4 et 8 chromosomes, soit à 3 et 6 ou 2 et 4. *Malgré leur apparente complication, les mitoses des basides se rap-*

---

(1) Poirault et Raciborski, *Sur les noyaux des Urédinées* (*J. de Bot.*, 1895).
(2) Wager, *On the presence of centrospheres in Fungi* (*Ann. of Bot.*, 1894).

portent donc au même type que celles des Urédinées, du moins dans les espèces étudiées par moi. Le fuseau passe par l'axe de la baside et lui est perpendiculaire dans toutes les espèces étudiées, sauf *Cyphella ampla* où il est dirigé selon l'axe.

» *Anaphase*. — Les chromosomes fils gagnent les pôles où ils se réunissent bientôt en une petite tétrade masquant le centrosome; en même temps le nucléole disparaît complètement. Les deux tétrades restent encore unies par le fuseau achromatique.

» Les chromosomes perdent leur colorabilité en même temps que chaque noyau fils forme un nucléole très chromatique. Le centrosome reparaît alors à côté de chaque noyau.

» *Deuxième division*. — Les deux noyaux fils reforment chacun quatre chromosomes, et les choses se passent de la même façon qu'à la première division.

» Les quatre noyaux fils concentrent toute leur chromatine en un nucléole.

» En même temps, le protoplasma de la baside se porte vers le quadrille des centrosomes restés à leur place respective : il y a un accroissement de la partie supérieure de la baside refoulant les noyaux à la base de celle-ci.

» Formation des spores. — *Devant chaque centrosome se montre l'ébauche d'un stérigmate;* il se produit en même temps dans le cytoplasma de la baside *une différenciation kinoplasmique caractérisée* par la formation de filaments longitudinaux, plus ou moins nombreux et assez gros, électivement colorables. Sous l'influence de cette fibrillation, les noyaux se placent en ligne selon l'axe de la baside et sont peu à peu attirés vers le sommet de celle-ci.

» Les stérigmates se renflent à leur extrémité en une spore *où pénètre le centrosome;* le kinoplasma de la baside disparaît, ne laissant comme trace qu'un filament allant du centrosome au noyau. Tout le cytoplasma de la baside passe dans les spores, qui *commencent déjà à épaissir leur membrane alors que leur noyau est encore à l'entrée du stérigmate* où il a pris l'aspect d'une masse chromatique homogène. Le noyau passe ensuite en s'étirant à travers le stérigmate et rejoint le centrosome dans la spore, *où il ne tarde pas à subir une mitose,* qui se produit très souvent alors que la spore n'est pas encore détachée. La mitose de la spore présente les mêmes processus que celle des basides, *chaque noyau fils reçoit quatre chromosomes*.

» *Mycélium et conidies*. — Le mycélium issu de la germination des basidiospores de *Coprinus radiatus* est formé de *cellules uninucléées*.

» Les figures mitotiques sont *analogues à celles des Urédinées;* elles ont à la prophase *quatre chromosomes* plus ou moins individualisés. Les conidies renferment un seul noyau dont la chromatine est concentrée en un nucléole. Les vieilles cellules du mycélium renferment encore un noyau réduit à une tache faiblement colorable de forme allongée et des granulations métachromatiques de toute taille semblables à celles que j'ai étudiées chez les Ustilaginées ([1]). »

BOTANIQUE. — *Sur l'origine expérimentale d'une nouvelle espèce végétale.* Note de M. **Hugo de Vries**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« Dans mon jardin d'expériences à Amsterdam, une nouvelle espèce végétale s'est formée dans des circonstances expérimentales qui m'ont permis de suivre exactement tout le cours de ce phénomène.

» A mon avis, les espèces n'ont pas été produites par une sélection prolongée de variations individuelles extrêmes, comme on le pense ordinairement. Cette conception est formellement contredite par tout ce que les expériences des agriculteurs nous ont appris sur la sélection.

» L'espèce en question s'est produite tout d'un coup, avec tous les caractères d'une espèce ordinaire et notamment avec la fixité absolue qui est l'attribut principal de l'espèce.

» Il va sans dire que c'est une espèce élémentaire, une petite espèce, comme on le dit ordinairement, et non pas une espèce linnéenne ou collective. Évidemment ces dernières ne sauraient être produites que par l'accumulation successive de caractères spécifiques élémentaires.

» La nouvelle espèce est issue d'une culture de l'Onagre décrit sous le nom d'*Œnothera Lamarckiana;* elle s'en distingue nettement, non par un seul caractère, mais dans tous ses organes. Je la désignerai sous le nom d'*Œnothera gigas*, parce qu'elle est beaucoup plus forte et plus robuste que l'espèce mère.

» Les caractères distinctifs principaux sont les suivants :

» Les feuilles radicales sont beaucoup plus larges, le pétiole est long, la base du limbe n'est pas longuement atténuée, mais nettement tranchée. C'est surtout le cas

---

([1]) R. Maire, *Note sur le développement saprophytique et la structure cytologique des sporidies-levures chez l'*Ustilago Maydis (*Bull. Soc. mycol. de France*, 1898).

dans les feuilles des rosettes encore jeunes, et par ce moyen il est toujours très facile de distinguer les deux types, dès les premières semaines du développement. Dans les feuilles radicales ultérieures, la différence devient un peu moins grande; elle reste toujours assez nette cependant pour permettre de distinguer les plantes du premier coup d'œil.

» Les tiges sont plus grosses et plus fortes, environ de la même hauteur que celles de l'*Œ. Lamarckiana*. Leurs entrenœuds sont plus courts et plus nombreux, leurs feuilles plus larges et ordinairement recourbées, couvrant la tige d'un revêtement plus ou moins serré et donnant à la plante un aspect tout particulier. Les inflorescences sont très robustes, à bractées bien développées et à fleurs très grandes et plus nombreuses, dont l'ensemble forme une couronne plus large et plus compacte que sur l'espèce mère. Les fruits sont courts et épais, d'une forme conique; les graines très grandes.

» Il résulte de cette description abrégée que notre plante est facile à reconnaître à chaque âge, et ne saurait échapper à l'observation si elle se montrait dans des cultures ou à l'état spontané.

» Pourtant, elle ne s'est montrée qu'une seule fois, représentée par un seul individu. C'était dans ma culture de 1895-1896, qui comprenait plusieurs milliers d'exemplaires, et dont un peu plus de mille ont fleuri dans la première année. Les Onagres sont, comme on le sait, en partie annuelles et en partie bisannuelles.

» Au moment de la floraison, en août 1895, je choisis, parmi les individus qui étaient restés à l'état de rosettes, une trentaine des plus forts et des plus beaux. La culture à ce moment était trop drue; les feuilles, pour cette raison, trop allongées, de sorte qu'il n'était pas encore possible de juger exactement ces plantes. Je les plantai à part; elles produisirent des tiges l'année suivante (1896). Lors de leur floraison, une seule plante se distinguait des autres par son port plus robuste, ses feuilles plus denses, ses fleurs beaucoup plus grandes et ses fruits moins longs. C'était la plante mère de la nouvelle espèce, *Œnothera gigas*. Dès que ces caractères m'indiquèrent la possibilité d'une nouvelle forme, je coupai les fleurs et les jeunes fruits et enveloppai tous les boutons floraux dans un sac de parchemin transparent, pour les fertiliser ensuite avec leur propre pollen. De la sorte, j'eus une récolte de graines pures.

» Ces graines me donnèrent en 1897 un semis d'environ 450 pieds, lesquels, sans aucune exception, avaient les caractères décrits plus haut pour l'*Œnothera gigas*. Mais comme je n'avais pas reconnu la plante mère avant la floraison, j'ai dû attendre les fleurs de la nouvelle génération pour être bien sûr de leur identité. Dans ce but, j'ai cultivé une centaine de ces plantes; la plupart ont produit des tiges et des fleurs qui toutes répétaient les caractères de la plante mère.

» La nouvelle espèce était donc constante dès la première génération,

sans trace d'atavisme. Elle est restée telle dans les trois générations suivantes, en 1898, 1899 et 1900.

» Il me reste à parler des aïeux de ma plante de 1895-1896. Je les avais cultivés pendant trois générations successives, qui ont fleuri en 1887, 1889 et 1891, tous les individus choisis comme porte-graines étant bisannuels. Leurs nombres étaient de 9, 6 et 10 dans ces trois générations. Ils ont fleuri chaque fois sur un lot de terrain bien isolé, mais ont été fécondés et croisés entre eux par les insectes. Ces plantes ont toutes montré le type pur de l'*Œnothera Lamarckiana*. C'est au milieu de la culture de nombreux individus issus de ces parents qu'est apparu le nouveau type spécifique.

» La production de l'*Œ. gigas* a donc été subite, sans intermédiaire et sans préparation visible, comme elle a été définitive, avec la plénitude de ses caractères et sans aucun retour au type primitif.

» L'observation décrite donne une première preuve expérimentale des idées émises sur la naissance des espèces dans mon Livre sur la *Pangenèse intracellulaire*. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence des modifications expérimentales de l'organisme sur la consommation du glycose* [1]. Note de MM. A. **Charrin** et A. **Guillemonat**, présentée par M. Roux.

« Quand, pendant des semaines et des mois, tous les deux ou trois jours, on injecte sous la peau de différents lapins, aux uns, un demi à un centimètre cube d'une solution acide (acides oxalique, lactique, citrique, de chaque 1^{gr} pour 200 d'eau), aux autres, deux à trois centimètres cubes d'une solution minéralisée (sulfate de soude 35^{gr}, phosphate de soude 25^{gr}, chlorure de sodium 10^{gr} pour un litre), on produit, chez ces animaux, un certain nombre de modifications que nous avons déjà en partie fait connaître.

» On voit, en particulier, chez ceux qui reçoivent ces matières minérales, le coefficient $\frac{Az.u}{Az.T}$, la quantité d'urine émise dans une journée, etc., s'élever sensiblement au-dessus des chiffres enregistrés, à ces points de vue, chez les lapins de l'autre série (acide).

(1) Travail du laboratoire de Médecine expérimentale de l'École des Hautes Études (Collège de France).

» En outre, ces animaux minéralisés ont les poils plus lisses, le sérum légèrement plus alcalin et plus bactéricide; le plus souvent même ils résistent à l'infection, non seulement quelques jours de plus que ceux que l'on a acidifiés, mais leur survie à l'inoculation dépasse habituellement celle des simples témoins qui n'ont été soumis à aucune injection. — Il est aisé de reconnaître que la nutrition de ces lapins, abondamment pourvus de sels minéraux, est singulièrement plus active que celle des animaux traités par les acides; chez ces derniers animaux, cette nutrition va jusqu'à offrir quelques-uns des caractères du ralentissement des échanges.

» Or, on sait que, pour la plupart des expérimentateurs, certaines formes de diabète, en tout cas de glycosurie, relèvent d'une paresse plus ou moins prononcée des mutations nutritives.

» Ce sont ces considérations qui nous ont conduits à nous demander si ces modifications développées, d'une part, grâce à ces acides, d'autre part, à l'aide de ces sels, n'exerceraient pas une influence saisissable sur l'élaboration des hydrates de carbone, spécialement du glycose.

» Dans ce but ([1]), après avoir soumis les animaux à des conditions identiques de station et d'alimentation, nous avons injecté sous la peau, aux uns et aux autres, des quantités variables de sucre, et nous avons pu constater de notables différences dans les modes d'élimination.

» En général, ce sucre disparaît d'abord des urines des lapins minéralisés; lorsqu'on introduit des doses supérieures à 6^{gr} (7^{gr} à 9^{gr}) par kilogramme, on constate la glycosurie chez les animaux des deux séries pendant dix-huit ou vingt heures; mais, au bout de la première journée, elle ne persiste que chez ceux qui ont reçu des acides. De plus (trois fois sur quatre), si l'on tient compte, en rapportant à 1000, et des quantités qu'on a fait pénétrer et de celles qui sont sorties, on reconnaît que de plus fortes proportions ont disparu chez les lapins minéralisés, utilisées par leurs tissus. Voici, d'ailleurs, quelques résultats.

» Lapin 1, acidifié, poids 2510^{gr}, reçoit 7^{gr} de glycose par kilogramme; il élimine en vingt-quatre heures $2^{gr},78$ (toujours par kilogramme) : il a donc retenu $4^{gr},22$.

» Lapin 2, minéralisé, poids 2495^{gr}, reçoit également 7^{gr} de glycose par kilogramme; il élimine en vingt-quatre heures $0^{gr},70$ (par kilogramme) : il a donc retenu $6^{gr},30$.

» Dans une autre expérience, on a injecté 8^{gr} par kilogramme à un animal acidifié et 11^{gr} (par kilogramme) à un lapin minéralisé. — Après dix-huit heures, l'urine de l'un et de l'autre renfermait du sucre; toutefois, passé la première journée, on n'en découvrait plus que dans le contenu vésical du premier de ces animaux.

» Dans une troisième expérience, on a restreint à 4, pour 1000^{gr} de matière vivante,

---

([1]) Ces expériences ont été poursuivies en collaboration avec M. Cochonnet.

la proportion de sucre. — Dans ces conditions, l'urine du lapin acidifié a seule donné, vers la vingtième heure, les réactions de la glycosurie, qui par contre ont constamment fait défaut dans celle de l'animal minéralisé.

» Ces résultats, qu'il est inutile de commenter, établissent que cette minéralisation, comparée à cette acidification, habituellement favorise l'élimination ([1]) et surtout la consommation du sucre ([2]). D'autre part, les examens histologiques des divers organes de ces animaux ne nous ont pas révélé, dans le foie, des modifications importantes; seule la moelle des os des animaux soumis aux injections de matières minérales offrait des caractères de jeunesse et de plus grande vitalité.

» Dans ces conditions, nous sommes amenés à penser que ces différences tiennent, en partie, à la moindre activité des tissus, d'autant que normalement ces tissus consomment du glycose et qu'en présence des acides les oxydations, qui constituent peut-être le processus capital de cette consommation, s'effectuent d'une façon moins intense.

» Remarquons, en terminant, que par un bon nombre de caractères ces animaux acidifiés rappellent le tableau symptomatique de l'arthritisme; on arrive à reproduire plus ou moins exactement, bien que plus difficilement que pour les infections, les maladies dites *humorales* et même *diathésiques*. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Nouvelle méthode pour la mesure de la sensibilité stéréognostique tactile* ([3]). Note de MM. **Ed. Toulouse** et **N. Vaschide**, présentée par M. Marey.

« Lorsque des objets extérieurs reposent sur notre peau, nous apprécions leurs formes par les pressions qu'ils exercent; ces cas représentent les *états statiques* de la sensibilité stéréognostique. Quand nous touchons ces objets d'une manière active, les éléments de perception sont fournis par les pressions volontaires et aussi par la sensibilité musculaire en rapport avec nos mouvements; ce sont les *états dynamiques*.

» Voici la méthode que nous avons adoptée pour la mesure de ces phénomènes :

« I. *États statiques.* — Les objets employés sont des corps géométriques

---

([1]) La diurèse est, en général, plus marquée.

([2]) Les témoins fournissent ordinairement des chiffres intermédiaires. D'autres conditions (jeûne modéré, etc.) favorisent cette consommation.

([3]) Travail du laboratoire de M. Toulouse, à l'asile de Villejuif.

en cuivre, c'est-à-dire des corps définis dans leur matière et dans leurs formes. Ces corps géométriques doivent avoir une épaisseur uniforme pour que, leur surface croissant, chaque point de la peau supporte une pression constante. Il suit de là qu'ils ne peuvent représenter que des surfaces et non des volumes. En outre, il est nécessaire que ces corps soient assez petits pour pouvoir reposer par tous leurs points sur une surface cutanée du sujet. Enfin, comme des corps remplissant ces conditions ne seraient pas suffisamment lourds pour éveiller des sensations de forme, il faut que l'on puisse exercer sur eux une pression mesurable.

» Pour toutes ces raisons, les corps choisis ont été des lames de cuivre d'une épaisseur de $0^{m},001$ et représentant des rectangles (de $0^{m},005$ de largeur, mesure des longueurs), des cercles, des carrés et des triangles équilatéraux; les côtés ou les diamètres sont, pour tous ces objets, de $0^{m},01$. On les chauffe à la température du sujet et on les pose sur une surface cutanée immobile. La perception exacte de la forme ne serait pas encore possible dans ces conditions. Pour la provoquer, on exerce une pression suffisante sur le centre de la figure géométrique au moyen d'un *stéréognomètre* (dynamomètre) à ressort gradué en grammes. L'acuité stéréognostique est mesurée par la pression minima qu'il faut exercer pour faire reconnaître chaque forme géométrique.

» Pour la recherche des minima différentiels, nous avons fait construire des séries de rectangles, de cercles, de carrés, de triangles, où les longueurs (côtés ou diamètres) des formes croissent, par rapport aux étalons, dans une progression régie par la loi de Weber-Fechner, soit par 1 pour 100.

» On détermine la finesse de perception différentielle en recherchant, dans les mêmes conditions que plus haut, la forme la plus petite que le sujet peut différencier de l'étalon, la pression exercée étant constante et étant égale à celle du minimum perceptible de certitude du sujet (pression suffisante pour faire reconnaître constamment la forme géométrique étalon).

II. *États dynamiques.* — Si l'on recherche des procédés de mesure pour les états dynamiques, on se rend compte qu'il ne peut y en avoir de rigoureusement exacts; car il ne paraît pas possible en pratique de mesurer l'intensité et la qualité des mouvements du sujet, lesquels cependant, selon qu'ils sont plus ou moins étendus et énergiques, fournissent des renseignements plus ou moins nombreux sur la surface et la résistance des objets. On peut toutefois avoir quelque indication sur ce mode de sensibilité, en employant les mêmes corps géométriques, mais sans l'aide de stéréognomètre. Les objections présentées pour les volumes n'ont plus leur valeur ici, puisque les objets ne reposent pas sur la peau. Aussi nous servons-nous de sphères et de cubes dont les étalons ont $0^{m},01$ de diamètre ou de côté. Les objets doivent être touchés par le sujet durant 5 mi-

nutes, entre le pouce, l'index et le médius; on devra tenir compte, dans l'appréciation des résultats, des mouvements exécutés, qu'il ne paraît pas possible de mesurer. »

GÉOLOGIE. — *Sur de nouvelles constatations dans la rivière souterraine de Padirac (Lot)*. Note de M. **E.-A. Martel**, présentée par M. Albert Gaudry.

« Mes trois dernières explorations à Padirac (Lot) m'ont fourni les nouveaux résultats suivants (5-6 septembre 1898, 12-13 décembre 1899, 30-31 mai 1900).

» Le bassin d'eau que j'ai trouvé le 29 mars 1895, sous la grande barrière de stalagmite qui m'avait arrêté avec Gaupillat et de Launay, en septembre 1890, a *plus de 7ᵐ de profondeur* aux basses eaux; ce bassin, d'accès particulièrement difficile, est un véritable *regard* sur le siphon d'aqueduc ou vase communiquant qui interrompt ici le cours normal de l'eau; sa situation est des plus curieuses, dans un vide de quelques mètres de diamètre, ménagé entre les deux pointes inférieures de la barrière de stalagmite, qui se sont trouvées accidentellement immergées depuis leur formation (voir ci-après). Cette barrière, au delà de laquelle j'avais prévu dès 1896 la prolongation possible de la rivière (*Bulletin de la Société scientifique de la Corrèze,* t. XVIII, 1897, et *Revue de géographie,* juin 1896), effectivement reconnue, en avril 1899, par MM. l'abbé Albe, Giraud, Viré, etc., est un des plus remarquables exemples de remplissage d'une caverne par les concrétions; une grande diaclase verticale a amené, et amène encore, après les pluies, de très abondantes infiltrations en un point où la galerie principale de Padirac se trouvait fort rétrécie; les intermittences du suintement, favorisant l'évaporation et le dépôt du carbonate de chaux, ont fini par établir une soudure de stalagmite entre les deux parois; les concrétions de plus en plus développées, en forme d'angle dièdre, depuis le pied de la diaclase jusqu'à l'eau, atteignent aujourd'hui l'énorme longueur (d'amont en aval) de 25^m à 30^m en bas et de 8^m à 10^m au sommet, sur une épaisseur (d'une paroi à l'autre) de 2^m à 6^m. La hauteur totale de l'obstacle est de 20^m qu'il faut escalader (aisément avec une échelle de 5^m) pour passer par le petit trou, resté libre entre la stalagmite et la voûte, et découvert par M. l'abbé Albe. Une échelle de cordes de 15^m est nécessaire pour redescendre de l'autre côté de la grande barrière et reprendre la navigation sur le prolongement de la rivière dans la *galerie Albe.*

» Celle-ci est à peu près libre d'obstacles, et profonde, aux basses eaux, de 7^m (au pied aval de la barrière, au point où débouche le vase communiquant du bassin intermédiaire) à 3^m.

» Après 150^m de parcours, la rivière est de nouveau barrée, au point où MM. Viré et Giraud s'étaient arrêtés en avril 1899 et avaient cru voir une bifurcation (*Comptes rendus,* 8 mai 1899) qui n'existe pas en réalité : j'ai gravi avec une échelle le massif

stalagmitique de droite (la *petite pendeloque*) et constaté qu'il masque simplement la partie antérieure d'un considérable éboulement, qui a obstrué environ les deux tiers de la galerie primitive, en n'y laissant à gauche qu'un couloir encombré de gros blocs de rochers; *toute l'eau passe sous ces éboulis* longs de 100^m (galerie Bel), au bout desquels j'avais dû m'arrêter le 13 décembre 1899; le 30 mai dernier, j'ai repris ici la navigation sur une longueur de 125^m à 150^m, avec des profondeurs de 6^m à 7^m, et sans aucun obstacle, dans une galerie, d'abord large et haute d'une dizaine de mètres, et progressivement rétrécie en forme de fuseau ou de cigare (rivière du fuseau); elle se termine par une étroite et basse ouverture, large et haute de quelques décimètres seulement, formée par un rapprochement des parois, un abaissement de la voûte et un rideau de stalactites; on ne pourrait la franchir, au prix d'une grosse imprudence, qu'à la nage; l'emploi de la mine serait difficile à réaliser et surtout très dangereux, à cause du défaut d'espace pour l'échappement des gaz et des éboulements que l'explosion risquerait de provoquer dans la région disloquée de la galerie Bel.

» En résumé, les recherches de 1899 et 1900 allongent d'environ 400^m l'étendue accessible de la rivière souterraine de Padirac, dans la direction générale de l'ouest.

» Le fait le plus intéressant est celui de la production *récente* de l'éboulement de la galerie Bel : ce cataclysme en effet a établi, tout à fait accidentellement, une dénivellation, que j'évalue *grosso modo* à 1^m, entre la rivière du fuseau (aval) et la galerie Albe (amont); la digue de rochers et d'argile ainsi constituée a relevé le plan d'eau sur une étendue de 450^m jusqu'au trente-troisième gour, bien en amont de la grande barrière; ce relèvement de bief a eu pour conséquence les trois faits suivants : 1° une grosse borne de stalagmite a été submergée en amont de la grande barrière; 2° les pointes inférieures (stalactites) de la grande barrière se sont trouvées immergées, en laissant libre entre elles le bassin intercalaire dont j'ai parlé plus haut; 3° plusieurs groupes de stalagmites de la galerie Albe sont complètement enduites de l'argile, apportée par les crues souterraines, et décantée alors en amont de la digue de l'éboulis, qui fait, plus encore que le vase communiquant de la grande barrière, obstacle au libre écoulement des eaux. Or, comme les stalactites et stalagmites ne se forment point dans les eaux courantes, il est de toute évidence que celles que je viens de citer n'ont pu croître, à l'air libre, qu'avant le relèvement du plan d'eau qui les baigne actuellement, c'est-à-dire avant l'éboulement de la galerie Bel : celui-ci, postérieur au dépôt des concrétions, est donc nécessairement un phénomène de l'époque géologique actuelle.

» Ces nouvelles remarques établissent que la rivière de Padirac, n'ayant plus, malgré ses crues temporaires de 4^m et plus parfois, un débit

pérenne suffisant pour contre-balancer les causes de *remplissage* dues au développement des concrétions, d'une part, et aux effondrements intérieurs, d'autre part, doit bien être considérée comme ayant terminé la période de son creusement ou de son agrandissement, et comme étant entrée dans la phase du comblement ou de l'oblitération. Une fois de plus, tout ceci démontre quelle considérable déchéance ont encouru les précipitations atmosphériques, les ruissellements superficiels et les infiltrations souterraines depuis l'époque (fin du tertiaire ou début du quaternaire) où les eaux commencèrent à agrandir les fissures naturelles du sol pour les transformer en cavernes.

» Enfin, deux séries d'observations barométriques (une extérieure et une intérieure) ont montré qu'en quarante heures une baisse (*constante* du 12 au 14 décembre 1899) avait été de $11^{mm},5$ au dehors et $11^{mm},9$ à l'intérieur.

Déjà, en 1852, Ad. Schmidl à Adelsberg avait constaté (vingt-quatre heures d'observation) de même que les variations de la pression atmosphérique paraissent être un peu plus grandes dans les cavernes qu'à l'air libre. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Combinaison des effets des révolutions synodique et tropique de la Lune : son action sur la marche des dépressions.* Note de M. A. **Poincaré**, présentée par M. Mascart.

« Rappelons les extrêmes qui définissent à peu près les profils des écarts synodiques et tropiques sur le quart du méridien de Greenwich (¹).

	Écarts synodiques.		Écarts tropiques.			Écarts synodiques.		Écarts tropiques.		
	Minimum.	Jour.	Minimum.	Jour.	Totaux.	Maximum.	Jour.	Maximum.	Jour.	Totaux.
°	mm		mm		mm	mm		mm		mm
0....	—1 au	1	— 1 au	1	— 2,2	+1 au	15	+ 1 au	22	+ 2
10....	—1,5	1	— 0,6	27	— 2,1	+1,5	15	+ 0,9	15	+ 2,4
20....	—1,5	2 et 6	— 1	9	— 2,5	+1,5	16 et 21	+ 1,5	17	+ 3
30....	—2,3	1	— 2	12	— 4,3	+3	23	+ 2,2	17	+ 5,2
40....	—4	1	— 2,8	26	— 6,8	+2,5	11 et 22	+ 2,4	16 et 20	+ 4,9
50....	—3,5	7	— 3,5	13	— 7	+4,5	15	+ 4,5	5 et 11	+ 9
60....	—6	7	— 6	12	—12	+7	14 et 29	+ 5,1	24	+12,1
70....	—4	8 et 21	— 5	12	— 9	+5	14 et (29-1)	+ 3,6	27	+ 8,6
80....	—3,6	8 et 22	— 6,1	6	— 9,7	+4,5	13 et (29-1)	+ 6,7	27	+11,2
90....	—3,5	19	—10,1	11	—13,6	+4,3	1	+11,7	26	+16

(¹) Voir particulièrement aux *Comptes rendus :*
Sur les écarts synodiques, 10 juillet 1899, p. 128, et 17 mai 1900, p. 1279;
Sur les écarts tropiques, 2 octobre 1899, p. 129;
Sur le partage des cotes barométriques, au 50° *du méridien de Greenwich, entre*

» Ces totaux extrêmes sont atteints : au moins une fois par an à la coïncidence des jours synodique et tropique désignés, deux et quatre fois sur les parallèles où les écarts sont à peu près les mêmes à deux jours synodiques et à deux jours tropiques différents.

» Au méridien distant de 12°,4 à l'est du méridien de Greenwich, les extrêmes synodiques ci-dessus, comme les écarts synodiques de chaque jour, se reproduisent aux jours suivants. Ainsi, au 60e parallèle, nous avons sur ce méridien le minimum — 6^{mm} au jour 8 et le maximum + 7^{mm} aux jours 15 et 1. Et ainsi de suite pour le tour du parallèle.

» Pour apprécier l'écart tropique en un point donné de l'hémisphère, il faut tenir compte de l'effet de torsion. Connaissant les cotes côté Greenwich et côté opposé, nous avons une approximation suffisante en admettant que, sur le parallèle, l'écart passe progressivement d'une cote à l'autre.

» C'est ainsi que, utilisant toujours les mêmes tableaux de moyennes, j'établis les écarts synodique et tropique et leur total, à midi Paris, à une date et en un point donnés.

» Du trouble équatorial jusques auprès du 20e parallèle, c'est l'onde diurne, d'amplitude un peu supérieure à celle de l'onde mensuelle synodique, dont l'effet prédomine, régulier surtout aux quadratures. Combiné avec la variation diurne solaire, il donne un maximum vers le jour synodique 5 ou 6 et les ÉqL.

» Sous cette influence et celle des conditions générales de la circulation, les tourbillons élémentaires, comme les cyclones, qu'ils soient provoqués par l'attraction ([1]), par la chaleur ou par les heurts des alizés, sont incessamment poussés de l'est vers les pieds du demi-méridien continental et les foyers C et B. Exemples donnés aux Notes insérées aux *Comptes rendus* des 21 novembre et 30 décembre 1895, pages 637 et 1177.

---

effets solaires et effets des révolutions synodique, tropique et anomalistique, 26 mars 1900, p. 861.

([1]) *Génération des dépressions* (*Comptes rendus*, 16 mai 1898, p. 1449).

J'appelle toujours *méridien continental* le demi-méridien 100° W — 80° E; *méridien marin* le demi-méridien 20° W — 160° E; *foyers* C (américain) et B (indien avec auxiliaire sur Philippines) les lieux voisins du méridien continental, d'où partent et aboutissent les dépressions; *trajectoires* A et P (Atlantique et Pacifique) les routes suivies par les dépressions de C à B et de B à C, en projetant ou non, de leur sommet au méridien marin, un branchement sur le tourbillon polaire (TP). (Voir *Comptes rendus,* 25 juillet 1898, p. 251.)

» Formée de ces éléments, la dépression se charge de plus en plus en remontant lentement vers le nord. Quand, vers le 30e parallèle, elle est suffisamment chargée, elle part pour suivre, entière ou scindée, la trajectoire A ou P. La disposition générale de cette trajectoire et de ses affluents éventuels est, à chaque époque, commandée par la forme et la rotation du Globe, par les reliefs et la nature de la surface, par la saison solaire et par la saison lunaire affectée de la révolution du nœud. Mais les détails de la marche de la dépression n'en restent pas moins sous la dépendance des mouvements lunaires actuels, qui lui ouvrent ou lui ferment la voie, la révolution tropique dans le sens du méridien, la révolution synodique dans le sens du parallèle.

Exemples (1) :

11-18 avril 1883. Trajectoire A ascendante.

» 11 *avril :* Longitude (LW) du centre 100°. Latitude λ30°. Jour synodique (j. s.) 6. Jour tropique (j. t.) 4. Écart synodique, la veille + 0mm,5, le jour + 0mm,5. Écart tropique — 0,5 et + 0,4. Différence entre les totaux des écarts + 0,9. Différence barométrique réelle — 2mm,7. Stationnement en chargement.

	LW.	λ.	j. s.	j. t.	Différences des écarts.	Différences barométriques.	
	°	°			mm	mm	
12 avril..	102	35	7	5	+0,7	—4,5	Recul en chargement
13.......	100	40	8	6	—1,8	—7,5	Retour
14.......	96	43	9	7	—4,3	0	Marche à NE
15.......	90	47	10	8	—4,2	—7,5	Id.
16.......	80	50	11	9	—2	—3,8	à ENE
17.......	70	55	12	10	—3,8	—7,5	Id.
18.......	60	55	13	11	—2,4	»	à E

» La dépression va s'absorber dans l'antécédente.

19 mai-8 juin (du j. s. 13 au 4; du j. t. 17 au 8).
Trajectoires A et P.

» *Du* 19 *au* 28 *mai*, la dép. A marche de LW 97° λ 28° à LW 15° λ 60°.

» *Du* 23 *au* 28 *mai*, la dép. P monte de LE 96° λ 28° à LE 163r λ 54°.

(Observations et rapprochements analogues à ceux ci-dessus.)

---

(1) Pour le point marquant le centre de la dépression, j'établis les écarts moyens synodiques et tropiques de la date et de la veille et je compare la différence des sommes de ces écarts avec la différence des cotes réelles au même point : + hausse, — baisse, de la veille au jour.

	A.					P.				
			Différences					Différences		
Dates.	L.	λ.	écarts.	réelles.		L.	λ.	écarts.	réelles.	
	°	°	mm	mm		°	°	mm	mm	
29 mai.....	12 W	63	+1,2	0	Arrêt	170 W	60	+2,3	— 7,5	Bifurcation
30.........	2	66	+3,1	+2,5	Dislocation partielle	166	54	+3,2	—10	Branche descendante
31.........	10 E	78	—3,4	0	Marche à NNE	165	53	+1,7	0	Arrêt

» 1er *juin*, Pôle : écarts —3mm,2, réelle —15mm. Croisement de A et du branchement P du 29. Rétablissement du tourbillon polaire.

1er juin.....	80 E	80	+0,2	0	Se détache du TP	165	52	+1,5	0	Arrêt
2..........	100	73	—2,3	—5	Descente vive	153	58	—4,6	0	Rebroussement
3..........	80	60	+0,6	0	Amortissement	144	62	—4,1	— 2,5	Marche à l'E
4..........	75	45	+0,7	0	Tour vers S	130	63	+1,5	— 1	» »
5..........	76	30	—1	—2,5	Descente à B	110	62	+1,3	0	Stationnement
6..........	»	»	»	»	»	105	55	—1,3	— 2,5	Descente rapide
7..........	»	»	»	»	»	98	52	—2,4	0	» »
8..........	»	»	»	»	»	102	35	+0,6	— 5	Jonction à C

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 2 juillet 1900.

La Maison nationale de Charenton, par Charles Strauss. Paris, Imprimerie nationale, 1900; 1 vol. in-4°. (Hommage de l'Auteur.)

Solidarité de la Botanique et de l'Agriculture, par M. le Dr D. Clos. Toulouse, imp. Saint-Cyprien, 1900; 1 fasc. in-8°.

La destruction du phylloxera par de simples labours, par Philippeau. Paris, 1900; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Vieux neuf chirurgical : L'antiseptie et les anciens, par le Dr H. Grasset. Paris, 1900; 1 fasc. in-8°.

Institution d'Hygiène et de Magnétisme. Mme Vve P. Lagé-Krueger et fils. (*Notice.*) S. l. n. d.; 1 fasc. in-12.

Annales des Ponts et Chaussées. 1re partie, 1900, 1er trimestre. Paris, Vve Ch. Dunod; 1 vol. in-8°.

Annales de la Faculté des Sciences de Marseille; t. X; Préface et fasc. I-VI. Paris, G. Masson, 1900; 7 fasc. in-4°.

Universidad central de España. Memoria del curso de 1898 *à* 1899, *y Anuario del de* 1899 *a* 1900. Madrid, 1900; 1 vol. in-4°.

Bulletin de la Société des Naturalistes de Moscou; année 1898, n°s 2, 3, 4; année 1899, n° 1. Moscou, 1898-99; 3 fasc. in-8°.

Bulletin du Comité géologique de Saint-Pétersbourg; 1898, t. XVII, n°s 6-10; 1899, t. XVIII, n°s 1, 2. Saint-Pétersbourg, 1898-99; 7 fasc. in-8°.

Mémoires du Comité géologique de Saint-Pétersbourg; vol. VIII, n° 4; vol. XII, n° 3. Saint-Pétersbourg, 1898-99; 2 fasc. in-4°.

Bidrag till kännedom af Finlands Natur och Folk; h. 58. Helsingfors, 1900; 1 vol. in-8°.

Ofversigt af Finska Vetenskaps-Societetens förhandlingar; XLI, 1898-99. Helsingfors, 1900; 1 vol. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 2 juillet 1900.)

Note de M. *A. Certes*, Sur la colorabilité élective des filaments sporifères du *Spirobacillus gigas* vivant, par le bleu de méthylène :

Page 76, note (1) B., *au lieu de* total 33, *lisez* total 3.